



Panduan Perencanaan Bus Listrik untuk Transportasi Publik Perkotaan

Juni 2025



UK PACT

ViriyaENB

ITDP
Institute for Transportation
& Development Policy



Institute for Transportation Development Policy (ITDP) merupakan lembaga nirlaba yang sudah berdiri sejak tahun 1985 dan berkantor pusat di New York, Amerika Serikat, dengan fokus utama menciptakan transportasi yang berkelanjutan di kota-kota di dunia. ITDP Indonesia telah lebih dari sepuluh tahun memberikan bantuan teknis kepada pemerintah Provinsi DKI Jakarta, Medan, dan Pekanbaru mengenai transportasi publik massal, sistem perparkiran, dan perbaikan fasilitas pejalan kaki.



ViriyaENB



ITDP

Institute for Transportation
& Development Policy

Strategi Reformasi dan Peta Jalan Elektrifikasi Transportasi Publik Kota Pekanbaru

Laporan Akhir

Juni 2025

Dipublikasikan oleh:

Institute for Transportation and Development Policy (ITDP)

Penulis:

Rifqi Khoirul Anam

Penyunting Teknis:

Gonggomtua Sitanggang
Mizandaru Wicaksono
Deliani Siregar

Kontributor:

Iman Khairunnisa

Desain Editorial:

Nabilah Ainurrahmah

Kontak:

Fani Rachmita - Senior Communications & Partnership Manager
fani.rachmita@itdp.org

Rifqi Khoirul Anam
rifqi.khoirul@itdp.org

ITDP Indonesia
Jl. K.H. Wahid Hasyim No.47 (WH47) Lt. 6
Menteng, Kota Jakarta Pusat, 10350

Daftar Singkatan

AC	Alternate Current (Arus listrik bolak-balik)
APBD	Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah
AVAS	Acoustic Vehicle Alerting System
BAU	Business as Usual
BBG	Bahan Bakar Gas
BEB	Battery Electric Bus (Bus listrik berbasis baterai)
BMS	Battery Management System (Sistem manajemen baterai)
BLU	Badan Layanan Umum
BRT	Bus Rapid Transit
BTS	Buy The Service
BUMD	Badan Usaha Milik Daerah
BUMN	Badan Usaha Milik Negara
CAPEX	Capital Expenditure (Belanja modal)
CBA	Cost Benefit Analysis (Analisis biaya-manfaat)
CBD	Central Business District
CBR	Cost Benefit Ratio
CCS	Combined Charging System
CCTV	Closed Circuit Television
cm	centimetre
CNG	Compressed Natural Gas
CSP	Charging Service Provider (Penyedia layanan pengisian daya)
CSR	Corporate Social Responsibility (Tanggung jawab sosial perusahaan)
DC	Direct Current (Arus listrik searah)
DFI	Development Financial Institution
DKI	Daerah Khusus Ibukota
ECA	Export Credit Agency (Badan kredit ekspor)
EV	Electric Vehicle (Kendaraan listrik)
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment
FAME	Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid &) Electric Vehicles in India
GB/T	Guobiao Standardization Commission
GCA	Government Contracting Agency
GCC	Gross Cost Contract (Kontrak pembelian layanan)

GEDSI	Gender Equality, Disability, and Social Inclusion
GGL	Government Guarantee Letter (Surat jaminan pemerintah)
GIA	Gender Impact Assessment
GL	Guarantee Letter
GRK	Gas Rumah Kaca
GVW	Gross Vehicle Weight (Jumlah berat bruto)
GW	gigawatt
hr	Hour
ICE	Internal Combustion Engine (Mesin pembakaran dalam)
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle (Kendaraan dengan mesin pembakaran dalam)
IPT	Intermediate Public Transport (Paratransit)
ITDP	Institute for Transportation and Development Policy
ITS	Intelligent Transport System
JBB	Jumlah Berat Bruto
JTM	Jaringan Tegangan Menengah
JTR	Jaringan Tegangan Rendah
KBLBB	Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai
Kemendagri	Kementerian Dalam Negeri
Kemenhub	Kementerian Perhubungan
Kemenkeu	Kementerian Keuangan
Kemenkominfo	Kementerian Komunikasi dan Informatika
Kemenko Marves	Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi
Kemenperin	Kementerian Perindustrian
Kemensos	Kementerian Sosial
Kepgub	Keputusan Gubernur
KESDM	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
kg	kilogram
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
km	kilometer
kVA	kilo Volt Ampere
kW	kilowatt
kWh	kilowatt per hour
LCC	Life Cycle Cost (Biaya siklus hidup)
LEZ	Low Emission Zone (Zona Rendah Emisi)

LFP	<i>Lithium Iron Phosphate</i>
LTO	<i>Lithium Titanium Oxide</i>
LVMDP	<i>Low Voltage Main Distribution Panel</i>
MAB	Mobil Anak Bangsa
MASTRAN	Mass Transit
MoU	Memorandum of Understanding
MVMDP	<i>Medium Voltage Main Distribution Panel</i>
MC	Management Contract
MW	megawatt
NCA	Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide
NCC	Net-Cost Contract
NMC	Nickel Manganese Cobalt Oxide
NPC	Net Present Cost
O&M	Operation and Maintenance (Operasi dan pemeliharaan)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Produsen peralatan asli bus listrik)
OJK	Otoritas Jasa Keuangan
OPEX	Operational Expenditure (Biaya operasional)
PAYS	Pay-As-You-Save
PBC	Performance-Based Contract
PDU	Power Distribution Unit
Pemprov	Pemerintah Provinsi
Pergub	Peraturan Gubernur
PII	Penjaminan Infrastruktur Indonesia
PIS	<i>Passenger Information System</i> (Sistem informasi penumpang)
PLN	Perusahaan Listrik Negara
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
P2TP2A	Pusat Pelayanan Terpadu Pemberdayaan Perempuan dan Anak
PSO	Public Service Obligation
PT	Perseroan Terbatas
PTA	Public Transport Authority (Otoritas transportasi publik)
PTO	Public Transport Operator (Operator transportasi publik)
PV	Photovoltaic (Fotovoltaik)
Raperda	Rancangan Peraturan Daerah
REC	Renewable Energy Credit/Renewable Energy Certificate

RDPT	Reksa Dana Penyertaan Terbatas
RDTR	Rencana Detail Tata Ruang
RJPP	Rencana Jangka Panjang Perusahaan
ROI	Return on Investment (Pengembalian investasi)
RUEN	Rencana Umum Energi Nasional
RUU	Rancangan Undang-Undang
SLA	Service Level Agreement
SNI	Standar Nasional Indonesia
SPKLU	Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum
SPM	Standar Pelayanan Minimal
SoC	State of Charge
SoF	State of Function
SoH	State of Health
TCO	Total Cost of Ownership (Total biaya kepemilikan)
UC	University of California
UK PACT	United Kingdom Partnering for Accelerated Climate Transitions
UNEP	United Nations Environment Programme
UPT	Unit Pelaksana Teknis
VGf	Viability Gap Fund
W	watt
WtW	Wheel to Wheel
ZEZ	Zero Emission Zone (Zona Tanpa Emisi)

Daftar Isi

Daftar Singkatan	ii
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Tabel	x
Pendahuluan	xii
Publikasi ITDP terkait Elektrifikasi Bus.....	xiii
1. Mengapa Bus Listrik?	1
2. Reformasi Transportasi Publik Sebelum Elektrifikasi	8
2.1 Prinsip Kesiapan Elektrifikasi.....	8
2.2. Kerangka Reformasi Transportasi Publik.....	9
2.3. Reformasi Transportasi Publik Menuju Elektrifikasi.....	12
2.4. Kerangka Kerja untuk Menciptakan Ekosistem Transportasi Publik Berbasis Listrik Berkelanjutan 16	
2.5. Studi Kasus Reformasi Transportasi Publik: Modifikasi Model Kontrak Transportasi Publik Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru.	18
3. Model Bus Listrik dan Teknologi Infrastruktur Pengisian Daya	25
3.1. Gambaran Umum Mengenai Pasar Bus Listrik dan Spesifikasinya	26
3.2. Bahan Kimia Baterai.....	32
3.3. Pengisian Daya Bus Listrik	33
3.4. Jenis Teknologi Pengisi Daya	34
4. Merencanakan Elektrifikasi.....	37
4.1. Aspek Perencanaan Bus Listrik	38
4.2. Peran dan Tanggung Jawab Pemangku Kepentingan dalam Proses Perencanaan Bus Listrik.....	44
5. Perencanaan Operasional dan Pemeliharaan Teknologi Ekosistem Bus Listrik.....	47
5.1 Perbedaan Operasional Utama antara Bus Listrik dan Bus Konvensional	47
5.2. Bagan Alur Operasional	49
5.3. Perawatan Bus Listrik.....	59
5.4. Perawatan Fasilitas Pengisian Daya.....	60
6. Dampak Jaringan Listrik, Penurunan Gas Rumah Kaca, dan Implementasi Energi Terbarukan untuk Bus Listrik	61
6.1 Dampak Implementasi Bus Listrik terhadap Permintaan dan Pasokan Jaringan Listrik Lokal	61
6.2 Daftar Infrastruktur Kelistrikan Tambahan yang Diperlukan untuk Mendukung Aktivitas Pengisian Daya Bus Listrik.....	62
6.3 Estimasi Penurunan Gas Rumah Kaca	62
6.4 Integrasi Energi Terbarukan untuk Elektrifikasi Transportasi Publik	63
6.5 Studi kasus Integrasi Energi Terbarukan untuk Elektrifikasi Mikrotrans Transjakarta	64
7. Perencanaan Mitigasi dan Adaptasi Risiko Teknis terkait Elektrifikasi Transportasi Publik.....	69

7.1. Banjir	69
7.2. Panas Ekstrem	70
7.3. Pemadaman Listrik	71
7.4. Kemacetan Lalu Lintas.....	72
8. Perencanaan Model Bisnis, Analisis Finansial, dan Mekanisme Pendanaan dan Pembiayaan Elektrifikasi Transportasi Publik.....	73
8.1 Model Kontrak dan Strategi Pembiayaan Saat Ini.....	73
8.2 Pertimbangan Utama dalam Pemilihan Model Bisnis dan Skema Keuangan	74
8.3 Opsi Model Bisnis dan Pembiayaan untuk Bus Listrik.....	77
9. Perencanaan Kerangka Regulasi dan Kebijakan untuk Elektrifikasi Transportasi Publik	98
10. Perencanaan Elektrifikasi Transportasi Publik yang Inklusif	102
10.1. Mengapa perspektif GEDSI (Kesetaraan Gender, Disabilitas, dan Inklusi Sosial) penting untuk Masalah Transportasi Publik?.....	102
10.2. Permasalahan GEDSI pada Elektrifikasi Transportasi Publik	103
10.3. Elektrifikasi Transportasi Publik yang Responsif Gender dan Inklusif.....	104
10.4. <i>GEDSI Impact Assessment</i>	107
10.5. Daftar Periksa GEDSI	109
11. Pembelajaran Implementasi Bus Listrik dari Kota-kota di Indonesia dan Global.....	114
11.1 Studi Kasus: Uji Coba, Pilot, dan <i>Scaling Up</i> Bus Listrik Transjakarta	114
11.2 Studi Kasus: Operasional Bus Listrik di Kota Bandung, Surabaya, dan Medan	128
11.3 Studi Kasus: Uji Coba Bus Listrik di Kota-kota Lainnya	131
11.4 Pelajaran yang Dipetik dari Kota-Kota Global.....	132
Lampiran 1. Rekomendasi Kebijakan di Tingkat Nasional dan Daerah	134
Lampiran 2. Formulir Pemantauan dan Evaluasi	142

Daftar Gambar

Gambar 1. Estimasi Perbandingan Besar BOK/km Bus Konvensional dan Bus Listrik Transjakarta untuk Tiap Jenis Bus.....	3
Gambar 2. Perbandingan Kenaikan/Pengurangan Komponen BOK/km Bus Listrik Transjakarta terhadap Bus Konvensional. Sumber: Transjakarta (2024).....	4
Gambar 3. Memulai Elektrifikasi dari Transportasi Publik	5
Gambar 4. Ekosistem Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan	8
Gambar 5. Level/Tahapan Pengembangan Transportasi Publik Perkotaan	10
Gambar 6. Aspek yang Dipertimbangkan dalam Pemilihan Model Kontrak	21
Gambar 7. Pengisian Daya Plug-in (Kiri Atas), Inverted Pantograph (Tengah Atas), Bottom-Up Pantograph (Kanan Atas), dan Nirkabel (Bawah)	34
Gambar 8. Prinsip Perencanaan Elektrifikasi	37
Gambar 9. Estimasi Pengurangan Jarak Tempuh Bus Listrik Setelah Mempertimbangkan Faktor Pengurang Jarak Tempuh Sumber: Studi ICCT	48
Gambar 10. Kapasitas Penumpang Bus Besar 12 meter Berbanding dengan GVW sebagai Fungsi dari Berat Baterai	49
Gambar 11. Prinsip Perencanaan Strategi Opportunity Charging.....	56
Gambar 12. Peta Route Grouping Lokasi Opportunity Charging.....	56
Gambar 13. Peta Persebaran Lokasi Pengisian Daya untuk Bus Listrik di Kota Pekanbaru.....	58
Gambar 14. Kegiatan Pemeliharaan Utama Bus Listrik	59
Gambar 15. Metodologi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.....	63
Gambar 16. Grafik Rata-Rata Pasokan Listrik dan Rata-Rata Permintaan Listrik.....	65
Gambar 17. Perbandingan Grid-Only dan Jaringan Listrik dengan Pengisian Panel Surya Menggunakan Tiga Tipe Tarif yang Berbeda	66
Gambar 18. Pengurangan Emisi untuk Setiap Kelompok Pengisian.....	66
Gambar 19. Besaran Pengurangan Emisi Setelah Penerapan Solar PV Untuk Pengisian Bus Listrik di Lokasi Representatif.....	67
Gambar 20. Peta Historikal Banjir Jakarta, 2010 - 2020, Overlay dengan Lokasi Depo dan Koridor Transjakarta	70
Gambar 21. Model Bisnis PAYST TM . Diadopsi dari Climate Policy Initiative, 2018.	78
Gambar 22. Model Bisnis Metbus di Kota Santiago, Chili.	79
Gambar 23. Pelibatan Charging Service Provider untuk Pengisian Daya di Terminal	80
Gambar 24. Penyediaan Bus oleh Transjakarta atau SPV Menggunakan Concessional Financing.....	82
Gambar 25. Mekanisme Sewa atau Leasing untuk Bus Listrik.....	83
Gambar 26. Model Bisnis Mikrotrans, MPU Berbasis Listrik di Bawah Layanan Transjakarta.....	85
Gambar 27. Service Payment O&M – Unbundled (Split Model) dengan BUMD untuk BRT Listrik Medan Raya dan Bandung Raya.....	86
Gambar 28. Skema B-2: Sektor Swasta Menerbitkan Produk Pembiayaan Untuk Membiayai Proyek.....	90
Gambar 29. Skema B-2, Alternatif 1	91
Gambar 30. Skema B-2, Alternatif 1 Structured Blended Financing	92
Gambar 31. Estimasi Penurunan BOK/km/bus untuk Tiap Jenis Bus pada Layanan Transjakarta	94
Gambar 32. Keterlibatan berkelanjutan ITDP Indonesia dengan kelompok-kelompok rentan untuk memastikan kebutuhan mereka tercakup dalam elektrifikasi secara khusus, dan untuk peningkatan layanan transportasi publik secara umum (hingga Mei 2023).....	104
Gambar 33. Higer KLQ6125GEC-101, Diuji Coba pada September - Desember 2021.....	115
Gambar 34. Uji Coba Bus BYD C6 Transjakarta, 2020.....	115
Gambar 35. Bus BYD K9 yang Digunakan Transjakarta pada Fase Pilot.....	116
Gambar 36. Pengisi Daya Double Gun Bertipe Plug-in DC CCS2, dengan Keluaran Daya Maksimum 200 kW oleh Powerindo Prima yang Digunakan pada Depo Operator.....	116
Gambar 37. Bus Listrik High Deck 12-meter yang Beroperasi pada Layanan BRT Transjakarta.....	117
Gambar 38. Rute Transjakarta: EV1 untuk Mendemonstrasikan Bus Listrik kepada Warga Jakarta.....	118
Gambar 39. Perbandingan Rute Lama dan Rute Baru Bus Listrik Transjakarta beserta Lokasi Depo Mayasari Bakti	119

Gambar 40. Infrastruktur Pengisian Daya pada Depo Operator Bus Listrik Transjakarta	120
Gambar 41. Model Bisnis Bus Listrik Transjakarta dengan Skema Kontrak Berbasis Layanan	121
Gambar 42. Komponen yang Membuat Rp/km Bus Listrik Transjakarta Lebih Murah dari Bus Konvensional	122
Gambar 43. Efisiensi Energi (kWh/km) 30 Unit Bus Besar Lantai Rendah Transjakarta	127
Gambar 44. Konsumsi Energi per Kilometer berdasarkan Karakteristik Waktu Operasi (kWh/km)	127
Gambar 45. Bus Listrik INKA E-Inobus yang Digunakan pada Layanan Trans Semanggi Suroboyo	129
Gambar 46. Proses Pengisian Daya Bus Listrik INKA E-Inobus di Stasiun Pengisian Daya di Terminal Purabaya, Surabaya	129
Gambar 47. Proses Pengisian Daya Bus Listrik Medium Merek Skywell di Terminal Purabaya, Surabaya...	130
Gambar . Bus Listrik di Medan.....	131
Gambar 49. Contoh Form Pendataan Operasional Bus Listrik	142
Gambar 50. Contoh Formulir Pengumpulan Data Peristiwa Gangguan pada Bus Listrik	142
Gambar 51. Contoh Formulir Pengumpulan Data Peristiwa Gangguan pada Infrastruktur Pengisian Daya.	143
Gambar 52. Formulir Survei Kepuasan Penumpang	144
Gambar 53. Formulir Survei Penilaian Kebutuhan Pelatihan.....	145

Daftar Tabel

Tabel 1. Bagian Panduan Perencanaan Bus Listrik untuk Transportasi Publik Perkotaan.....	xii
Tabel 2. Prinsip Kesiapan Elektrifikasi dan Potensi Kekurangan pada Sistem Transportasi Publik Saat Ini.....	8
Tabel 3. Analisis Hubungan Antarpermasalahan Angkutan Umum, Root Cause, Serta Dampaknya Terhadap Elektrifikasi	10
Tabel 4. Matriks Kriteria Kesiapan Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan.....	13
Tabel 5. Kategorisasi Kriteria Kesiapan Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan	14
Tabel 6. Pembagian Level Kesiapan Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan.....	16
Tabel 7. Rekap Permasalahan Transportasi Publik dan Kesiapan Elektrifikasi Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru	18
Tabel 8. Pemetaan Kegiatan Terkait Reformasi Transportasi Publik Perkotaan	19
Tabel 9. Model Bisnis/ Kontrak yang Diimplementasi di Setiap Kota	20
Tabel 10. Perbedaan Model Kontrak NCC, MC, dan PBC Dibandingkan dengan Model BTS	20
Tabel 11. Model Kontrak yang Dianalisis untuk Setiap Kota	20
Tabel 12. Subaspek dalam Pemilihan Model Kontrak.....	21
Tabel 13. Rekomendasi Model Kontrak Operasional Transportasi Publik untuk Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru.....	23
Tabel 14. Spesifikasi Setiap Jenis Bus Diatur Permenhub No. 15 Tahun 2019	27
Tabel 15. Beberapa Model Bus Besar (9 - 12 m).....	28
Tabel 16. Beberapa Model Bus Sedang (6 - 9 m)	29
Tabel 17. Beberapa Model Bus MPU (< 6 meter).....	30
Tabel 18. Model Bus Listrik yang Telah Diuji Coba atau Beroperasi untuk Transportasi Publik Perkotaan di Indonesia	31
Tabel 19. Spesifikasi Teknis dan Keamanan Termal Tiap Jenis Baterai	32
Tabel 20. Jenis-Jenis Pengisi Daya yang Umum Digunakan untuk Bus Listrik.....	35
Tabel 21. Kisaran Efisiensi Energi untuk Sejumlah Model Bus Listrik	39
Tabel 22. Peran dan Tanggung Jawab Pemangku Kepentingan.....	44
Tabel 23. Matriks Kesiapan Lokasi Pengisian Daya Bus Listrik.....	53
Tabel 24. Rule of Thumb Kebutuhan Area di Depo untuk Tiap Jenis Bus	54
Tabel 25. Threshold Konsumsi Daya dan Kilometer Kosong untuk Overnight Charging	54
Tabel 26. Spesifikasi Pengisian Daya dari Setiap Jenis Bus Listrik	55
Tabel 27. Kebutuhan Luas Tiap Jenis Bus untuk Opportunity Charging.....	57
Tabel 28. Perbedaan Model Kontrak NCC, MC, dan PBC Dibandingkan dengan Model BTS	74
Tabel 29. Alternatif Model Bisnis dan Pembiayaan untuk Bus Listrik	77
Tabel 30. Kelebihan dan Kekurangan Model Pelibatan Charging Service Provider untuk Pengisian Daya di Terminal.....	81
Tabel 31. Kelebihan dan Kekurangan Penyediaan Bus oleh Transjakarta atau SPV Menggunakan Concessional Financing.....	82
Tabel 32. Kelebihan dan Kekurangan Model Sewa atau Leasing	84
Tabel 33. Rangkuman Alternatif Skema Pendanaan	89
Tabel 34. Keuntungan dan Tantangan Skema Pendanaan B-2, Alternatif 1	91
Tabel 35. Opsi Model Bisnis untuk Bus Listrik Transjakarta	95
Tabel 36. Rekomendasi Outline Dokumen Business Case untuk Elektrifikasi Transjakarta.....	96
Tabel 38. Kategori Kerangka Kebijakan Elektrifikasi Transjakarta	99
Tabel 39. Rekomendasi Fasilitas Armada Bus Listrik yang Responsif Gender dan Inklusif	104
Tabel 40. Rekomendasi Infrastruktur Pendukung Bus Listrik yang Responsif Gender dan Inklusif.....	106
Tabel 41. Rekomendasi untuk Layanan yang Responsif dan Inklusif Gender.....	107
Tabel 42. Kebijakan dan Program Pengarusutamaan GEDSI dalam Bus Listrik	109
Tabel 43. Pengarusutamaan GEDSI dalam Armada, Prasarana, dan Fasilitas Bus Listrik	111
Tabel 44. Perbandingan Keunggulan Rute Lama dan Rute Baru Bus Listrik.....	119
Tabel 45. Data Primer yang Dibutuhkan untuk Matriks Evaluasi.....	123
Tabel 46. Kewajiban Operator Terkait Monitoring dan Evaluasi	124
Tabel 47. Nilai Rata-rata Harian dari Performa Kendaraan	125

Tabel 48. Matriks Evaluasi Tingkat Kesulitan dan Dampak Paket Rekomendasi Kebijakan dan Kerangka Regulasi untuk Penetapan Landasan Hukum Target dan Peta Jalan Elektrifikasi Transportasi Publik.....	134
Tabel 49. Identifikasi Potensi Intervensi Melalui Regulasi untuk Reformasi dan Elektrifikasi Transportasi Publik Kota Surabaya	138

Pendahuluan

Dokumen “**Panduan Perencanaan Bus Listrik untuk Transportasi Publik Perkotaan**” ini merupakan pembaruan dokumen “**Toolkit Perencanaan Bus Listrik**” yang telah disusun oleh ITDP Indonesia dengan dukungan UK Partnering for Accelerated Climate Transitions (UK PACT) pada 2023. Pembaruan dokumen ini didukung oleh ViriyaENB, dengan **fokus pendalaman pada reformasi transportasi publik sebelum elektrifikasi, perkembangan implementasi bus listrik di Indonesia dalam 2 (dua) tahun terakhir, serta pembelajaran dari perencanaan elektrifikasi transportasi publik di Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru** berdasarkan studi yang didukung oleh ViriyaENB.

Panduan ini bertujuan untuk memberikan pedoman mengenai proses implementasi dan perencanaan Bus Listrik Berbasis Baterai/*Battery Electric Bus* (BEB) untuk pemerintah Indonesia di tingkat nasional dan daerah, khususnya bagi kota atau provinsi di Indonesia yang sudah memiliki rencana atau target untuk elektrifikasi transportasi publik, menggunakan bus listrik berbasis baterai. Selain untuk pembuat kebijakan, panduan ini juga berguna bagi operator transportasi publik perkotaan.

Dokumen ini mencakup proses elektrifikasi dari awal hingga akhir, termasuk pertimbangan di balik elektrifikasi dan hal apa yang harus dilakukan terlebih dahulu sebelum elektrifikasi.

Panduan ini akan dibagi menjadi sebelas bagian dan mencakup seluruh aspek mengenai elektrifikasi bus, seperti yang tertera pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Bagian Panduan Perencanaan Bus Listrik untuk Transportasi Publik Perkotaan

	Bagian	Catatan
1	Mengapa Bus Listrik?	Meliputi faktor pendorong elektrifikasi dan urgensi elektrifikasi transportasi publik dari berbagai sudut pandang.
2	Reformasi Transportasi Publik Sebelum Elektrifikasi	Mencakup elektrifikasi pada sudut pandang reformasi transportasi publik, matriks kesiapan elektrifikasi transportasi publik, studi kasus perubahan transportasi publik terkait elektrifikasi di kota-kota di Indonesia.
3	Model Armada dan Teknologi Infrastruktur Pengisian Daya	Memberikan gambaran terkait pasar bus listrik dan infrastruktur pendukungnya serta konteksnya untuk elektrifikasi transportasi publik di Indonesia.
4	Merencanakan Elektrifikasi	Mendemonstrasikan kerangka perencanaan bus listrik dan studi kasus elektrifikasi Transjakarta, rencana bus listrik di Metropolitan Medan dan Bandung yang sedang berjalan, serta perencanaan bus listrik di Surabaya, Surakarta dan Pekanbaru, serta mengidentifikasi peran dan tanggung jawab pemangku kepentingan.
5	Perencanaan Operasional dan Pemeliharaan Teknologi Ekosistem Bus Listrik	Mendemonstrasikan diagram alur perencanaan operasional yang rinci dan pemeliharaan infrastruktur bus listrik serta pengisian daya.
6	Dampak Jaringan Listrik, Penurunan Gas Rumah Kaca, dan Implementasi Energi Terbarukan untuk Bus Listrik	Menjelaskan kebutuhan fasilitas pengisian daya dan infrastruktur ketenagalistrikan tambahan yang diperlukan untuk mendukung aktivitas pengisian daya, serta dampak lingkungan dan studi kasus integrasi energi terbarukan.
7	Perencanaan Mitigasi dan Adaptasi Risiko Teknis terkait Elektrifikasi Transportasi Publik	Memberikan gambaran dan mitigasi risiko teknis bus listrik akibat banjir, panas yang ekstrem, padam listrik, dan kemacetan lalu lintas.

	Bagian	Catatan
8	Perencanaan Model Bisnis, Analisis Finansial, dan Mekanisme Pendanaan dan Pembiayaan Elektrifikasi Transportasi Publik	Menjelaskan model bisnis untuk elektrifikasi transportasi publik, analisis finansial, serta studi kasus terkait pendanaan dan pembiayaan elektrifikasi transportasi publik
9	Perencanaan Kerangka Regulasi dan Kebijakan untuk Elektrifikasi Transportasi Publik	Menyoroti kerangka regulasi dan kebijakan untuk elektrifikasi transportasi publik perkotaan
10	Perencanaan Elektrifikasi Transportasi Publik yang Inklusif	Menjelaskan pentingnya aspek <i>Gender Equality, Disability, and Social Inclusion</i> (GEDSI) ke dalam perencanaan bus listrik serta GEDSI <i>checklist</i> .
11	Pembelajaran Implementasi Bus Listrik dari Kota-kota di Indonesia dan Global	Memberikan pembelajaran tentang implementasi bus listrik dari Transjakarta, maupun rencana/studi bus listrik di Bandung, Medan, Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru

Publikasi ITDP terkait Elektrifikasi Bus

ITDP telah menerbitkan beberapa publikasi mengenai elektrifikasi yang dapat memperkaya pemahaman pembuat kebijakan dan perencana tentang elektrifikasi pada kerangka mobilitas berkelanjutan, pentingnya elektrifikasi, dan perbandingan proses perencanaan bus listrik dari kota global. Pembaca Dokumen Panduan Perencanaan Bus Listrik untuk Transportasi Publik Perkotaan juga dapat membaca publikasi di bawah ini untuk memperluas pemahaman mereka tentang implementasi bus listrik:

- [*ITDP - ICCT Webpage Series of Electrification*](#): mendiskusikan bagaimana elektrifikasi dapat dimulai dengan bus dan langkah-langkah untuk mengoperasikan bus listrik.
- [*From Santiago to Shenzhen*](#): studi komprehensif yang merincikan langkah-langkah untuk elektrifikasi bus, serta rekomendasi pada berbagai aspek.
- [*The Compact City Scenario - Electrified*](#): rincian pentingnya kota dikembangkan dengan konsep kota terpadu (*compact city*) dengan memprioritaskan pejalan kaki, pesepeda dan pengguna transportasi publik, serta transisi menuju elektrifikasi yang cepat dan strategis untuk menjaga pemanasan global di bawah 1.5°C.
- [*How Electric Buses are Moving Cities*](#): membahas secara mendalam aspek kontraktual dan pengadaan bus listrik serta pengembangan peta jalan bus listrik.
- [*Advancing E-Bus: A Guide to Battery and Charging*](#): membahas secara mendalam pemilihan teknologi untuk baterai dan fasilitas pengisian daya untuk implementasi bus listrik.

1. Mengapa Bus Listrik?

Kotak 1. Definisi Istilah Utama

Improve mengacu pada salah satu kerangka perencanaan Transportasi Berkelanjutan, yaitu **Avoid - Shift - Improve**. **Avoid** artinya menghindari atau mengurangi kegiatan transportasi dengan moda yang tidak berkelanjutan, melalui pengembangan kota berbasis ataupun kota terpadu (*compact*). **Shift** artinya berpindah dari transportasi pribadi menuju transportasi publik yang ramah lingkungan dan mobilitas aktif, seperti berjalan kaki dan bersepeda. **Improve** merujuk kepada efisiensi bahan bakar ataupun penggunaan teknologi kendaraan yang rendah dan/atau nol-emisi.

Well-to-wheel/WtW adalah jumlah energi yang digunakan dan emisi yang dihasilkan dari produksi bahan bakar (WTT/Well To Tank) dan operasional kendaraan (TTW/Tank To Wheel).

ICE (Internal Combustion Engine) adalah jenis mesin yang bekerja dengan membakar bahan bakar dengan sebuah oksidator (udara) dan mengubah energi kimia pada bahan bakar menjadi energi kinetik. Pada dokumen panduan ini, ICE merujuk pada kendaraan konvensional (non-listrik).

Compact City Scenario adalah skenario penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang merujuk ke desain kota yang terpadu dan memprioritaskan berjalan kaki, bersepeda, serta penggunaan transportasi publik, untuk mempertahankan laju pemanasan global di bawah 1,5°C.

Economic of Scale mengacu pada penurunan biaya per unit produksi seiring dengan meningkatnya produksi dalam skala yang lebih besar dan merupakan salah satu cara untuk meraih keunggulan biaya rendah (*low cost advantage*) demi menciptakan keunggulan bersaing.

Kewajiban Pelayanan Publik/Public Service Obligation (PSO) adalah kewajiban pemerintah untuk memberikan subsidi ke badan usaha tertentu, untuk pelayanan publik, yang umumnya diberikan setiap setahun sekali.

State of Charge (SoC) adalah perbandingan energi yang tersisa dengan kapasitas energi maksimum pada baterai.

Elektrifikasi transportasi publik merupakan salah satu parameter **improve** dalam kerangka transportasi berkelanjutan. Umumnya, alasan utama dibalik pemutakhiran teknologi dalam sektor transportasi publik adalah pertimbangan mengenai krisis iklim.

Transportasi darat berbasis jalan menyumbang lebih dari **tiga perempat emisi CO₂** dari keseluruhan sektor transportasi pada tahun 2020¹. Apabila tidak diikuti dengan intervensi berbasis kebijakan di tingkat global, emisi CO₂ global tahunan dari sektor transportasi akan meningkat sebesar 75% dalam rentang waktu 35 tahun². Pada tahun 2055, emisi global kumulatif dari transportasi penumpang berbasis listrik atau bahan bakar fosil perkotaan akan meningkat sebesar lebih dari 25% dibandingkan dengan angka di tahun 2015³.

Di tingkat regional untuk kasus Jakarta, jika dibandingkan dengan semua jenis moda transportasi, bus kota berkontribusi terhadap masing-masing 45,7% dan 21,4% emisi CO₂ dan polusi udara.

¹ International Energy Agency (IEA) (2021). Global Energy CO₂ Status Report 2021. Diambil dari <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2021>

² International Transport Forum (ITF) (2019). Transport CO₂ and the Paris Climate Agreement: Review of Nationally Determined Contributions. Diambil dari <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/co2-and-paris-climate-agreement.pdf>

³ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2018). Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Diambil dari <https://www.ipcc.ch/sr15/>

Emisi dan polusi udara menyebabkan dampak negatif bagi kesehatan pernapasan manusia. Sebagai contoh, partikel halus dan polusi ozon dari sektor transportasi bertanggung jawab atas sekitar 350.000 kematian di seluruh dunia sejak 2010⁴.

Pada 2018, 4 dari 5 bus yang digunakan di seluruh dunia masih menggunakan mesin diesel yang sudah tua dan menggunakan bahan bakar dengan kandungan sulfur tinggi. Oleh karena itu, peningkatan teknologi armada transportasi publik dapat diraih melalui upaya kolektif di seluruh dunia. Armada bus lebih diprioritaskan untuk dielektrifikasi dibandingkan dengan kendaraan angkutan jalan lainnya karena karakteristiknya.

Transportasi jalan menyumbang lebih dari tiga perempat emisi GRK dari keseluruhan sektor transportasi pada tahun 2020. Elektrifikasi transportasi publik akan meningkatkan kualitas teknologi yang digunakan untuk transportasi untuk membuat sektor transportasi lebih bersih dan ramah lingkungan.

Dalam konteks nasional, pemerintah telah menyatakan komitmennya untuk mengadopsi kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KBLBB) melalui beberapa peraturan di tingkat nasional dan daerah, yang diawali dengan disahkannya Peraturan Presiden No. 22/2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Selain itu, komitmen terkait adopsi kendaraan nol emisi ditegaskan kembali dalam Peraturan Presiden (Perpres) No. 55/2019 tentang Percepatan Program Adopsi Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) untuk Transportasi Jalan, yang diperbarui pada Perpres No. 79/2023.

Di tingkat daerah, Pemerintah DKI Jakarta juga telah menandatangani komitmen elektrifikasi sektor transportasi melalui *C40 Fossil-Fuel-Free Streets Declaration*. Beberapa peraturan yang menindaklanjuti deklarasi tersebut juga telah disahkan. Transjakarta, yang merupakan badan usaha milik daerah (BUMD) Provinsi DKI Jakarta yang bertugas untuk menyediakan layanan transportasi publik di bawah Pemerintah Provinsi DKI Jakarta juga telah berkomitmen untuk mengoperasikan lebih dari 10.000 bus listrik dari 2020 hingga 2030. Komitmen ini diperkuat dengan Keputusan Gubernur (Kepgub) 1053/2022 tentang Pedoman Percepatan Program Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Dalam Layanan Angkutan Transjakarta. Melalui keputusan tersebut, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta menargetkan elektrifikasi Transjakarta mencapai 50% dan 100% berturut-turut pada tahun 2027 dan 2030⁵. Dengan adanya target ini, pemerintah Kota Jakarta perlu menghentikan pengadaan bus konvensional pada tahun 2024.

Di luar Jakarta, pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perhubungan mempunyai target untuk mengelektrifikasi 90% sarana angkutan umum massal di 42 kota pada tahun 2030, 100% di 2040, serta menargetkan 100% elektrifikasi transportasi publik (yang mencakup Mobil Penumpang Umum/MPU) pada 2045. Sejalan dengan target tersebut, kota Medan Raya dan Bandung Raya pun akan mengadopsi sistem bus listrik untuk *Bus Rapid Transit* (BRT) di wilayah metropolitan mereka.

Pemerintah Republik Indonesia menargetkan 100% elektrifikasi transportasi publik, yang mencakup Mobil Penumpang Umum (MPU), pada 2045, dengan 90% elektrifikasi angkutan umum massal ditargetkan tercapai pada 2030.

⁴ ICCT. New Study Quantifies the Global Health Impacts of Vehicle Exhaust (2019). Diambil dari <https://theicct.org/new-study-quantifies-the-global-health-impacts-of-vehicle-exhaust/>.

⁵ Kementerian Koordinator Maritim dan Investasi. *Workshop E-Mobility and Mass Transit: Global Case Studies and Indonesian Policy Review - Day 1: The World Bank, ITDP Indonesia, ICCT, ESMAP, MOLO*. Diambil dari <https://www.youtube.com/watch?v=7iokegY8RG0>

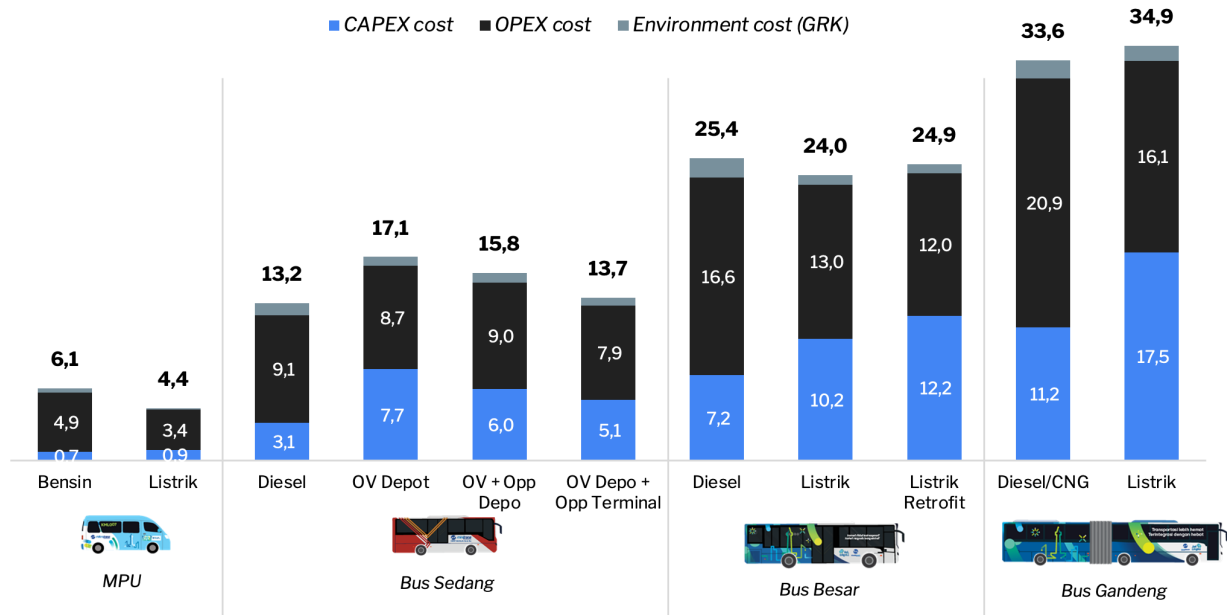
Seringkali, program elektrifikasi memiliki konsekuensi penggantian armada transportasi publik yang sebelumnya menggunakan mesin pembakaran internal (ICE) dan/atau bahan bakar diesel, meskipun retrofit bus listrik dari bus diesel juga bisa menjadi alternatif.

Hingga saat ini, bus listrik berbasis baterai masih memiliki harga yang lebih mahal dibandingkan dengan bus konvensional yang setara. Bus listrik juga membutuhkan infrastruktur pengisian daya untuk mendukung kebutuhan operasionalnya. Oleh sebab itu, biaya awal elektrifikasi bus cenderung jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bus diesel. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, model bisnis yang inovatif perlu diimplementasikan, di mana aspek ini akan diulas secara lebih mendalam pada dokumen ini.

Dukungan dari pemerintah pusat atau daerah dalam berbagai aspek, seperti fiskal dan nonfiskal sangat dibutuhkan dalam menyukseskan program elektrifikasi di dalam negeri. Dukungan fiskal dapat didasarkan pada kemampuan fiskal pemerintah kota, operator transportasi publik, dan kondisi di setiap kota.

Walaupun membutuhkan biaya kapital yang lebih tinggi, perpanjangan durasi pakai/durasi kontrak bus listrik, penggunaan tarif listrik curah, pemilihan model bus listrik dengan *value for money* yang baik, serta penggunaan model kontrak berpotensi mengurangi besar Biaya Operasional Kendaraan (BOK)/km armada transportasi publik dengan bus listrik, jika dibandingkan dengan BOK/km bus konvensional. Misalnya, berdasarkan estimasi yang dilakukan ITDP (2022), BOK/km/bus untuk MPU berbasis listrik berpotensi lebih rendah 28% dibanding MPU konvensional. Bus besar 12-meter berbasis listrik juga berpotensi mencapai *TCO parity* dengan bus konvensional dengan dimensi yang sama, melalui pengurangan 5,5% BOK/km.

Besar BOK/km untuk tiap jenis bus dari studi Elektrifikasi Transjakarta (Estimasi ITDP Indonesia, 2022, dalam ribu Rp/km)

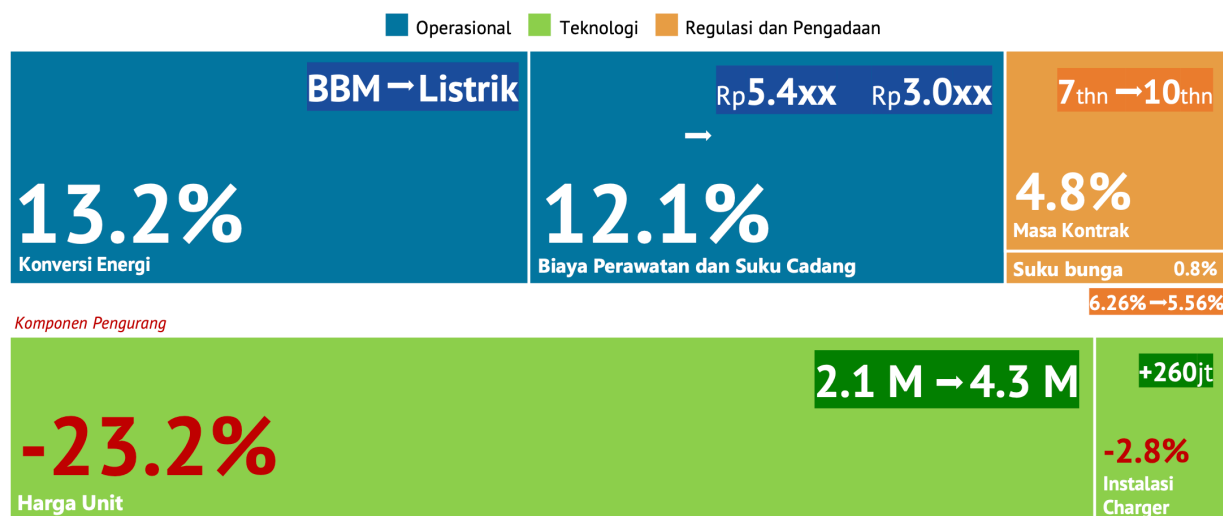


Gambar 1. Estimasi Perbandingan Besar BOK/km Bus Konvensional dan Bus Listrik Transjakarta untuk Tiap Jenis Bus

Estimasi yang dihitung ITDP senada dengan kondisi aktual yang dialami Transjakarta. Untuk bus besar 12-meter, BOK/km bus listrik lebih rendah 5% dibanding bus konvensional dengan model yang sama.



Komponen yang Membuat Rp/km Bus EV Menjadi Lebih Murah 5% (Terhadap Bus ICE)



Gambar 2. Perbandingan Kenaikan/Pengurangan Komponen BOK/km Bus Listrik Transjakarta terhadap Bus Konvensional. Sumber: Transjakarta (2024)

Elektrifikasi sektor transportasi publik masih menemui banyak hambatan dan membutuhkan dukungan dari pemerintah pusat dan daerah.

Selain itu, karena karakteristik yang dimiliki oleh sistem bus perkotaan, seperti memiliki jumlah armada yang banyak, pengisian bahan bakar yang relatif terpusat pada satu/sejumlah lokasi, diatur dan dikelola secara terpusat oleh pemerintah, **elektrifikasi bus dapat menjadi pionir dalam menciptakan ekosistem elektrifikasi untuk mencapai skala ekonomi (*economies of scale*) dari program elektrifikasi kendaraan secara keseluruhan.** Pengoperasian bus listrik berbasis baterai juga dapat mendorong penyediaan dan pembangunan infrastruktur pengisian daya yang dapat diakses oleh publik dan mengurangi ketergantungan publik terhadap bahan bakar fosil.

Mengapa Mulai Elektrifikasi dari Transportasi Publik?



Gambar 3. Memulai Elektrifikasi dari Transportasi Publik

Kebijakan yang memungkinkan elektrifikasi untuk semua moda transportasi juga dapat dimulai dengan mengeluarkan dukungan kebijakan dan kerangka kerja untuk pengoperasian bus listrik.

Salah satu kota yang memberikan contoh sukses dalam hal ini adalah Kota Shenzhen, Cina. Shenzhen, yang dikenal sebagai kota dengan 100% bus listrik, memulai perjalanan elektrifikasinya dengan mempromosikan kendaraan listrik untuk digunakan di dalam sektor publik pada tahun 2009. Seperangkat kebijakan pendukung yang memberikan subsidi untuk pembelian kendaraan dan membangun infrastruktur pengisian daya disahkan untuk mempromosikan bus listrik, kendaraan angkutan barang, dan taksi berbasis listrik. Produsen kendaraan listrik terbesar di dunia, BYD, yang juga bermarkas di Shenzhen, turut serta dalam menciptakan ekosistem yang sangat kondusif untuk inovasi teknologi dan produksi kendaraan listrik.

Pengoperasian kendaraan listrik skala besar di sektor publik juga secara perlahan mendorong penggunaan kendaraan listrik untuk kelas kendaraan pribadi. Hingga akhir tahun 2024, terdapat lebih dari 1,08 juta kendaraan berbasis energi baru di Shenzhen, atau mencakup 25% dari total kepemilikan mobil pribadi di kota tersebut⁶.

Elektrifikasi bus dapat menjadi pionir untuk menciptakan *economics of scale* bagi ekosistem elektrifikasi, sekaligus menjadi momentum untuk mereformasi layanan transportasi publik

Namun, hanya bergantung pada elektrifikasi transportasi publik saja tidak cukup. Berdasarkan studi oleh ITDP dan UCDAVIS, skenario untuk menjaga pemanasan global 1,5 °C adalah dengan mempromosikan berjalan kaki, bersepeda, dan transportasi publik—di bawah skenario kota terpadu dengan percepatan elektrifikasi yang strategis. Skenario tersebut berpotensi menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari

⁶ China's Shenzhen city has 1.08 million new energy vehicles running on roads by June 2024. [https://autonews.gasgoo.com/m/70033992.html#:~:text=Shanghai%20\(Gasgoo\)%2D%20As%20of%20the%20Shenzhen%20Municipal%20Government](https://autonews.gasgoo.com/m/70033992.html#:~:text=Shanghai%20(Gasgoo)%2D%20As%20of%20the%20Shenzhen%20Municipal%20Government). Diakses Juni 2025.

angkutan penumpang perkotaan sebesar 59 Gt CO₂eq secara kumulatif, dan mengurangi emisi sektor ini sekitar 50% selama 30 tahun ke depan.

Implementasi kota terpadu yang diterapkan bersamaan dengan elektrifikasi (*compact city-electrified*) adalah satu-satunya jalan untuk menjaga pemanasan global di bawah 1.5°C.

Elektrifikasi akan memastikan terciptanya kondisi nol emisi gas buang dan meminimalisir polusi udara dari kendaraan. Secara bertahap, elektrifikasi akan memberikan **dampak positif pada kualitas udara dan kesehatan masyarakat sekaligus mengurangi polusi suara**: meningkatkan taraf kesehatan dan kualitas hidup, menyelamatkan banyak nyawa, dan memperkuat ketahanan sektor energi nasional. Berdasarkan estimasi yang dilakukan ITDP Indonesia, 100% elektrifikasi transportasi publik di Kota Pekanbaru dapat mengurangi penyakit pernafasan hingga 66,67% kasus di 2040. Elektrifikasi juga akan memberikan representasi gender yang lebih adil dalam operasi transportasi publik karena kendaraan listrik umumnya lebih mudah dikendarai daripada kendaraan konvensional.

Selain itu, elektrifikasi juga akan menghasilkan energi yang lebih efisien baik dari segi biaya maupun penggunaannya. Sebuah studi di Monterey, Meksiko menemukan bahwa 50 kWh penggunaan baterai pada bus listrik dapat menempuh jarak perjalanan 2 kali lipat dibandingkan kendaraan diesel dan hampir 4 kali lipat dari *compressed natural gas* (CNG) yang memiliki ekuivalensi energi yang sama⁷.

Manfaat Elektrifikasi Bus untuk Transportasi Publik Perkotaan:

- Mengurangi biaya operasional secara signifikan - beberapa model bus listrik memiliki Biaya Operasional Kendaraan (BOK) yang kompetitif, bahkan lebih rendah dibanding model bus konvensional yang serupa. Hal ini berpotensi mengurangi besaran PSO per bus dalam jangka waktu menengah hingga panjang.
- Berpotensi menciptakan sistem transportasi publik yang lebih berkeadilan, sekaligus sebagai momentum reformasi transportasi publik.
- Penurunan emisi Gas Rumah Kaca - sekaligus meminimalisir efek pemanasan global.
- Pengurangan polusi udara dan suara - dapat menurunkan angka kematian yang diakibatkan oleh infeksi saluran pernapasan, dan juga meningkatkan kualitas hidup.
- Meningkatkan efisiensi energi dan memperkuat ketahanan sektor energi nasional.

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
	Environmental, Social, and Economic Benefits of Transjakarta Large-scale Electrification	ITDP and UK PACT, 2022.
https://www.itdp.org/publication/the-compact-city-scenario-electrified/	The Compact City Scenario - Electrified	ITDP and UC Davis, 2021.

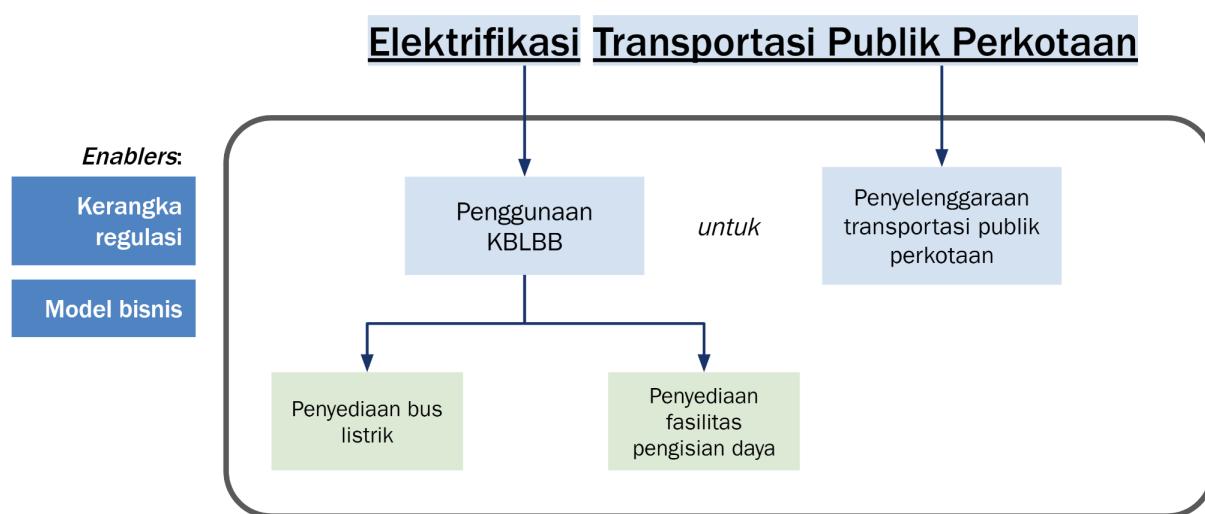
⁷ ITDP Global - From Santiago to Shenzhen, p. 20.

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
https://www.itdp.org/2018/12/11/electric-revolution-buses/	The Electric Revolution Begins with Buses	ITDP, 2018.
https://theicct.org/publications/vision2050	<i>Vision 2050: A Strategy to Decarbonize the Global Transport Sector by Mid-Century.</i>	ICCT, 2020.
https://www.transformative-mobility.org/assets/publications/ASI_TUMI_SUTP_iNUA_No-9_April-2019.pdf	<i>Sustainable Urban Transport: Avoid-Shift-Improve (A-S-I)</i>	TUMI, 2019.

2. Reformasi Transportasi Publik Sebelum Elektrifikasi

2.1 Prinsip Kesiapan Elektrifikasi

Ekosistem elektrifikasi transportasi publik perkotaan, secara garis besar, terdiri menjadi dua komponen utama, yaitu **penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB)**—yang terkait dengan penyediaan bus listrik dan fasilitas pengisian daya, serta **penyelenggaraan transportasi publik perkotaan**. Adanya sistem penyelenggaraan transportasi publik perkotaan yang baik melalui kontinuitas komitmen pendanaan dan pembiayaan subsidi operasional dibutuhkan untuk memastikan keberlanjutan penggunaan bus listrik untuk transportasi publik. Daerah perlu memiliki lembaga otoritas transportasi publik untuk menjamin terimplementasinya Standar Pelayanan Minimal (SPM).



Gambar 4. Ekosistem Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan

Oleh karena itu, elektrifikasi bus tidak hanya sekedar mengubah bus konvensional menjadi bus listrik. Transisi pada sistem transportasi publik juga diperlukan untuk memastikan proses elektrifikasi berjalan dengan lancar. Pada umumnya, elektrifikasi bus membutuhkan sistem transportasi publik yang berkualitas, itulah sebabnya pembuat kebijakan perlu memperhatikan sistem yang sudah ada untuk menentukan kesiapan serta perubahan yang diperlukan.

Terdapat 5 prinsip terkait kesiapan elektrifikasi dan potensi kesenjangan yang dimiliki sistem transportasi publik yang ada, seperti yang tertera pada **Tabel 2** berikut:

Tabel 2. Prinsip Kesiapan Elektrifikasi dan Potensi Kekurangan pada Sistem Transportasi Publik Saat Ini⁸

Tahapan	Prinsip	Potensi Isu dari Sistem Transportasi Publik Eksisting
Perencanaan	Ketersediaan data: ○ Jarak tempuh harian rute, eksisting ataupun yang direncanakan. ○ Karakteristik rute, seperti kondisi jalur, kondisi lalu lintas, dan topografi. ○ Lokasi infrastruktur transportasi publik yang ada, seperti halte, terminal, atau depo.	○ Karakteristik operasional yang tidak teratur, menyebabkan data yang ada tidak dapat diandalkan. ○ Kurangnya infrastruktur transportasi publik yang memadai, seperti depo dan terminal.

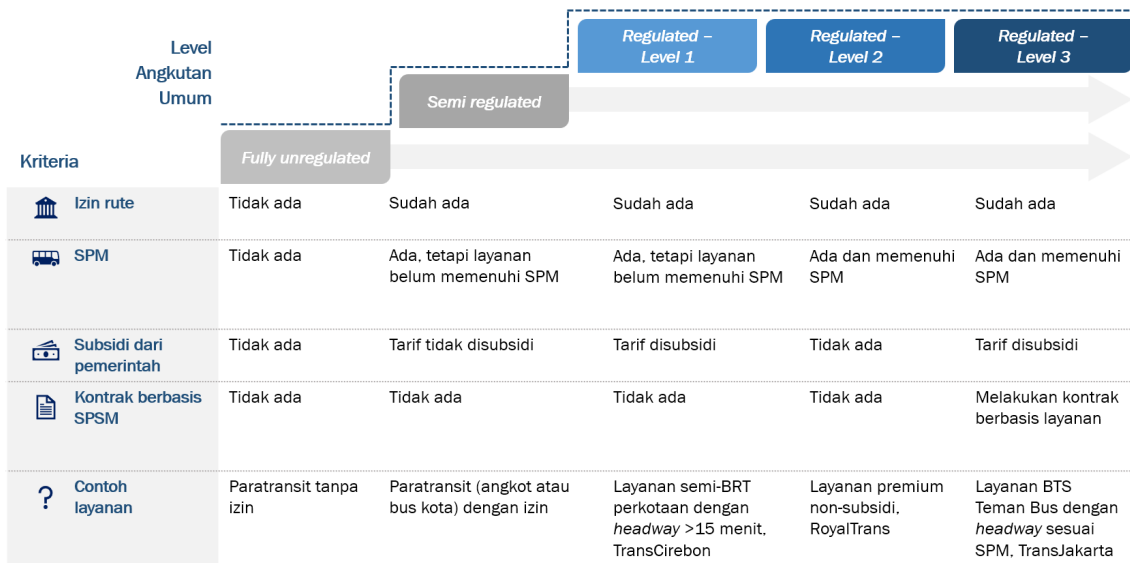
⁸ E-Mobility Adoption Roadmap for the Indonesian Mass Transit Program, Part II. Implementation strategies to adopt e-mobility in the mass transit systems in BBMA and Mebidangro. January 2022. ITDP & The World Bank.

Tahapan	Prinsip	Potensi Isu dari Sistem Transportasi Publik Eksisting
	○ Ketersediaan lahan untuk lokasi pengisian daya.	
Pengadaan Armada	Mempunyai: ○ Kapasitas keuangan yang kuat dan <i>bankability</i> untuk pengadaan armada. ○ Skema bisnis berkelanjutan. ○ Dukungan dari pemerintah untuk mengatasi masalah biaya modal yang lebih tinggi, terutama pada tahap awal implementasi.	○ Tidak adanya operator maupun lembaga keuangan dengan kapasitas keuangan yang kuat dan <i>bankability</i>. ○ Model bisnis yang tidak memadai. ○ Kurangnya dukungan regulasi dan finansial dari pemerintah.
Operasional Armada	○ Rencana dan perkiraan jarak tempuh harian serta waktu operasional. ○ Lokasi pengisian daya yang memadai, untuk memastikan cukupnya <i>State of Charging</i> (SoC) selama kendaraan listrik beroperasi.	○ Operasional yang tidak teratur menyebabkan tingginya risiko saat menentukan kapasitas baterai yang diperlukan dan SoC selama beroperasi.
Pemeliharaan Armada	○ Tersedianya sumber daya manusia yang mampu memelihara sarana.	○ Kurangnya tenaga kerja yang mampu memelihara sarana, mengarah kepada peningkatan biaya.
Regulasi Pendukung dan Operation & Maintenance (O&M)	Mempunyai: ○ Kapasitas keuangan yang kuat dan <i>bankability</i> untuk pengadaan infrastruktur pendukung, seperti <i>charger</i>. ○ Pengetahuan dan kemampuan untuk mengoperasikan dan memelihara infrastruktur pendukung. ○ Ketersediaan lahan untuk membangun infrastruktur pendukung. ○ Kapasitas dan stabilitas jaringan listrik yang memadai.	○ Kapasitas keuangan yang lemah dan <i>bankability</i> untuk pengadaan infrastruktur pendukung yang dibutuhkan. ○ Kurangnya pengetahuan dan kemampuan untuk mengoperasikan dan memelihara infrastruktur pendukung. ○ Kurangnya kapasitas dan stabilitas jaringan listrik.

Transisi pada sistem transportasi publik untuk meningkatkan kelayakan elektrifikasi dapat dilakukan melalui kerangka reformasi transportasi publik. Penggunaan kerangka reformasi transportasi publik untuk meningkatkan kelayakan elektrifikasi perlu dimulai dengan mengidentifikasi tahapan pengembangan kualitas transportasi perkotaan di Indonesia.

2.2. Kerangka Reformasi Transportasi Publik

Umumnya, layanan transportasi publik perkotaan di Indonesia dapat dikategorikan menjadi beberapa “level” atau tahapan pengembangan berdasarkan ada/tidaknya izin rute, Standar Pelayanan Minimal (SPM), ada/tidaknya subsidi dari pemerintah, dan ada/tidaknya kontrak berbasis SPM, sebagai berikut:



Gambar 5. Level/Tahapan Pengembangan Transportasi Publik Perkotaan

Layanan transportasi publik perkotaan idealnya berada di tahap “Regulated – Level 3”. Namun, berdasarkan Panduan Reformasi Angkutan Umum di Indonesia (draft Januari 2019), terdapat 6 permasalahan pada transportasi publik perkotaan di Indonesia, yaitu:

1. Kepemilikan armada secara individual
2. Performa layanan tidak layak
3. Kualitas armada di bawah standar
4. Tarif angkutan umum tidak terintegrasi
5. Kompetisi tidak sehat antaroperator
6. Kondisi infrastruktur tidak memadai

Keenam poin permasalahan pada angkutan umum di atas dapat saling **berhubungan**, satu masalah dapat **menjadi penyebab** timbulnya masalah lain, atau beberapa masalah dapat memiliki **akar permasalahan yang sama**. Hubungan antarpemmasalahan dan *root cause* masalah dianalisis sebagai berikut:

Tabel 3. Analisis Hubungan Antarpermasalahan Angkutan Umum, Root Cause, Serta Dampaknya Terhadap Elektrifikasi

Permasalahan	Analisis	Penyebab Masalah (A)	Penyebab A (B)	Penyebab B (C)	Akar Masalah
Kepemilikan armada secara individual	Pada aspek pelayanan angkutan umum , kepemilikan armada secara individual tidak menjadi masalah jika pemerintah dapat menjamin kualitas armada yang dimiliki tiap individu dan memberikan izin rute dengan memperhatikan kompetisi antaroperator dan tetap memperhatikan rute “kurus” untuk memastikan cakupan layanan angkutan umum.	Sudah ada SPM angkutan umum yang mengatur kualitas armada, namun SPM tidak ditegakkan dengan tegas.	Pemerintah tidak memiliki bargaining position yang kuat untuk menindak armada yang memiliki kualitas di bawah ketentuan SPM.	Pemerintah hanya memberikan izin rute/ trayek dan tidak memberikan subsidi kepada operator melalui kontrak berbasis layanan dengan rewards and penalties , yang parameternya adalah keterpenuhan SPM.	• Rendahnya komitmen pemerintah untuk bernegosiasi dengan operator eksisting, agar dapat masuk ke sistem kontrak berbasis layanan dan menghindari konflik dengan operator eksisting dalam pengembangan sistem angkutan umum. • Belum terdapat komitmen pendanaan untuk pemberian subsidi kepada operator melalui kontrak berbasis layanan, yang parameternya adalah keterpenuhan SPM

Permasalahan	Analisis	Penyebab Masalah (A)	Penyebab A (B)	Penyebab B (C)	Akar Masalah
					• Belum terdapat lembaga khusus pengelola angkutan umum.
	Dampak terhadap Elektrifikasi				
	• Kepemilikan armada secara individual akan mempersulit penentuan lokasi pengisian daya karena lokasi armada sporadis. • Tidak semua rumah tangga pemilik armada memiliki tegangan listrik yang mencukupi untuk instalasi pengisian daya—mungkin cenderung sangat sedikit, sehingga pemenuhan kebutuhan energi lebih sulit dipastikan. • Potensi Biaya Operasional Kendaraan (BOK) yang lebih tinggi dan ketidakpastian biaya operasional yang dibutuhkan jika strategi pengisian daya diserahkan kepada masing-masing pemilik armada.				
	Kepemilikan armada secara individual akan menyulitkan proses penyediaan armada, karena akan sepenuhnya bergantung pada kemampuan finansial tiap individu. Banyaknya individu dengan <i>bankability</i> buruk akan menghambat target penyediaan armada angkutan umum dari yang dibutuhkan.				

Permasalahan	Penyebab Masalah	Akar Masalah
Kondisi infrastruktur tidak memadai	Infrastruktur transportasi publik sering didesain seadanya, mengabaikan kebutuhan mobilitas kelompok rentan , dan tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan	• Minimnya pos anggaran untuk pembangunan infrastruktur transportasi publik yang memadai, serta anggaran untuk perawatan, perbaikan, dan pengawasan infrastruktur transportasi publik.
	Maraknya vandalisme infrastruktur angkutan umum	• Minimnya pengetahuan Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) teknis mengenai desain yang memenuhi kebutuhan kelompok rentan dan standar desain teknis yang ditetapkan.

Permasalahan	Penyebab Masalah (A)	Penyebab A (B)	Penyebab B (C)	Akar Masalah
Kualitas armada di bawah standar	Sudah ada SPM angkutan umum yang mengatur kualitas armada, namun SPM tidak ditegakkan dengan tegas dan susah dimonitor	Pemerintah tidak memiliki <i>bargaining position</i> yang kuat untuk menindak armada yang memiliki kualitas di bawah ketentuan SPM.	Pemerintah hanya memberikan izin rute/ trayek dan tidak memberikan subsidi kepada operator melalui kontrak berbasis layanan dengan <i>rewards and penalties</i> , yang parameteranya adalah keterpenuhan SPM.	• Rendahnya komitmen pemerintah untuk bernegosiasi dengan operator eksisting, agar dapat masuk ke sistem kontrak berbasis layanan dan menghindari konflik dengan operator eksisting dalam pengembangan sistem angkutan umum.
Kompetisi tidak sehat antar operator	Layanan terkonsentrasi pada rute dengan potensi <i>demand</i> tinggi (" <i>rute gemuk</i> ")	Pemerintah hanya memberikan izin trayek kepada operator, yang pemberian izin trayeknya seringkali mempertimbangkan keputusan politis dan historis dari pemain eksisting dibanding <i>demand analysis</i> dan target cakupan layanan.	Izin trayek kepada operator tidak melibatkan pemberian subsidi kepada operator melalui kontrak berbasis layanan dengan <i>rewards and penalties</i> , yang parameteranya adalah keterpenuhan SPM.	• Belum terdapat komitmen pendanaan untuk pemberian subsidi kepada operator melalui kontrak berbasis layanan, yang parameteranya adalah keterpenuhan SPM • Belum terdapat lembaga khusus pengelola angkutan umum.
	Pendapatan utama operator hanya berasal dari tiket (<i>farebox revenue</i>)			

Permasalahan	Penyebab Masalah (A)	Penyebab A (B)	Penyebab B (C)	Akar Masalah
		Hal ini juga disebabkan karena pemerintah belum memiliki rencana induk rute yang berbasis <i>demand</i> dan cakupan layanan.		
Performa layanan tidak layak	Sudah ada SPM angkutan umum yang mengatur performa layanan, namun SPM tidak ditegakkan dengan tegas dan susah dimonitor	Pemerintah tidak memiliki <i>bargaining position</i> yang kuat untuk menindak armada yang memiliki kualitas di bawah ketentuan SPM.	Pemerintah hanya memberikan izin rute/ trayek dan tidak memberikan subsidi kepada operator melalui kontrak berbasis layanan dengan <i>rewards and penalties</i> , yang parameternya adalah keterpenuhan SPM.	
Tarif angkutan umum tidak terintegrasi	Terdapat lebih dari 1 jenis layanan transportasi publik dalam 1 wilayah perkotaan.	-	-	Belum terdapat lembaga integrator tarif terintegrasi antar layanan transportasi publik.
	Pemerintah umumnya hanya menetapkan besar tarif, tanpa ada ketentuan skema tarif integrasi.	Penetapan skema tarif integrasi membutuhkan penggunaan teknologi tertentu (misalnya, Kartu Uang Elektronik (KUE) dan <i>On-board Machine</i> (OBM) atau pengawasan di lapangan.	Tidak semua otoritas transportasi publik memiliki kapasitas dalam menggunakan teknologi tertentu untuk tarif integrasi.	Belum terdapat komitmen pendanaan untuk peningkatan kapasitas dan pengadaan teknologi untuk <i>enable</i> skema tarif integrasi.

Dari analisis hubungan antarpermasalahan di atas, diperoleh *root cause* dari permasalahan angkutan umum sebagai berikut:

- Belum terdapat **lembaga khusus pengelola angkutan umum**
- Belum terdapat **komitmen pendanaan** untuk pemberian **subsidi kepada operator** melalui kontrak berbasis layanan dengan **SPM, penggunaan teknologi baru, peningkatan kapasitas**, pembangunan infrastruktur transportasi publik yang memadai, serta anggaran untuk perawatan, perbaikan, dan pengawasan kondisi infrastruktur transportasi publik
- Rendahnya **komitmen pemerintah** untuk **bernegosiasi dengan operator eksisting**
- Rendahnya **pemahaman otoritas transportasi publik** mengenai **infrastruktur transportasi publik yang inklusif**.

2.3. Reformasi Transportasi Publik Menuju Elektrifikasi

Sejumlah *root cause* permasalahan transportasi publik perkotaan yang disintesis dari bagian sebelumnya dapat diatasi dengan menerapkan *framework* reformasi transportasi publik perkotaan. Reformasi transportasi publik perkotaan adalah proses transformasi layanan transportasi publik perkotaan dari layanan *fully unregulated/semi regulated*, menuju layanan *formal transit (regulated)*. Namun, proses

reformasi transportasi publik tidak berhenti ketika layanan transportasi publik perkotaan menjadi *regulated* saja. Reformasi transportasi publik dilakukan tergantung konteks dan tujuan yang hendak dicapai, namun secara umum, reformasi transportasi publik memiliki tiga tujuan utama:

- Kualitas layanan yang andal, yang mengikuti SPM atau ketercapaian kualitas layanan lain yang ingin dicapai
- Jaringan transportasi publik yang efisien
- Tarif transportasi publik yang terjangkau dan terintegrasi

Ketiga tujuan di atas umumnya dapat dicapai melalui:

- Terciptanya institusi pengelola transportasi publik
- Pelaku industri transportasi publik yang profesional

Reformasi transportasi publik baiknya berorientasi *outcome-based*, yang membuat layanan transportasi publik menjadi pilihan bermobilitas masyarakat perkotaan. Dalam konteks elektrifikasi, *outcome* yang ingin dicapai melalui reformasi transportasi publik adalah **diadopsinya bus listrik sebagai moda transportasi publik perkotaan secara efisien, dengan tetap memperhatikan ketercapaian kualitas layanan yang ditargetkan.**

ITDP Indonesia, berkolaborasi dengan Kementerian Perhubungan dan dengan dukungan ViriyaENB, telah menyusun matriks kriteria kesiapan elektrifikasi transportasi publik perkotaan di Indonesia. Matriks kriteria kesiapan elektrifikasi ini mempertimbangkan kesiapan sistem elektrifikasi transportasi publik perkotaan dan kesiapan penggunaan KBLBB—khususnya bus listrik—di tingkat daerah.

Tabel 4. Matriks Kriteria Kesiapan Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan

Wajib Terpenuhi			
Aspek Penyelenggaraan Transportasi Publik	Bobot	Aspek Penggunaan KBLBB	Bobot
Keberadaan transportasi publik perkotaan eksisting	15%	Ketersediaan dan stabilitas jaringan listrik	10%
Keberadaan otoritas atau lembaga transportasi publik	15%		
Keberadaan operator transportasi publik	10%		
Komitmen dan kontinuitas pendanaan melalui penyediaan anggaran untuk penyelenggaraan transportasi publik	10%		
Komitmen daerah berupa keberadaan rencana transportasi regional/daerah	10%		
Kapasitas fiskal daerah	7,5%		
Opsional			
Aspek Lainnya	Bobot	Aspek Penggunaan KBLBB	Bobot
Kebijakan transportasi berkelanjutan pendukung	2,5%	Target elektrifikasi transportasi publik oleh pemerintah daerah	5%
		Familiaritas daerah dengan bus listrik	5%
		Dukungan fiskal dari pemerintah	5%

	Fasilitas pengisian daya untuk transportasi publik	2,5%
	Fasilitas uji KIR bus listrik	2,5%
	Total bobot seluruh kriteria	100%

Berdasarkan tingkat urgensinya, kriteria kesiapan elektrifikasi dikelompokkan menjadi dua kategori: kriteria wajib dan kriteria opsional. Kriteria wajib mencakup elemen-elemen utama yang harus dipenuhi untuk memastikan keberhasilan elektrifikasi transportasi publik. Hal ini berkaitan erat dengan pemastian keberlanjutan penyelenggaraan transportasi publik perkotaan seperti tersedianya layanan transportasi publik, kelembagaan, komitmen pemerintah (rencana dan anggaran), dan kapasitas fiskal daerah, serta ketersediaan dan stabilitas jaringan listrik. Kriteria opsional berfokus pada hal-hal yang lebih spesifik terkait elektrifikasi serta kebijakan *push* dan *pull* transportasi lainnya, yang dapat mendukung keberhasilan elektrifikasi transportasi publik. Masing-masing kriteria dibagi ke dalam beberapa kondisi keterpenuhan yang tercantum pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Kategorisasi Kriteria Kesiapan Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan

No	Kriteria Kesiapan (<i>Readiness Criteria</i>)	Bobot Terhadap Seluruh Kriteria	Kondisi Keterpenuhan	Bobot Kondisi Keterpenuhan Terhadap Kriteria
1	Keberadaan transportasi publik eksisting	15%	Memenuhi SPM yang ditetapkan di daerah (sebagai turunan PM 10/2012 dan perubahannya (PM 27/2015), termasuk pemenuhan kebutuhan lajur khusus) dan terkait dengan pembayaran Rp/km ke operator	100%
			Memenuhi SPM yang mengacu pada PM 10/2012 atau terkait dengan pembayaran Rp/km ke operator	80%
			Memenuhi SPM yang mengacu pada PM 98/2013 (dan perubahannya)	50%
2	Keberadaan otoritas transportasi publik	15%	Berbentuk Badan Usaha Milik Daerah (BUMD)	100%
			Berbentuk Badan Layanan Umum Daerah (BLUD) atau UPT (Unit Pelaksana Teknis) dengan model pengelolaan BLUD	50%
			Berbentuk UPT	25%
3	Operator transportasi publik	10%	Transportasi publik dioperasikan oleh perusahaan angkutan umum berbentuk badan usaha	100%
			Transportasi publik dioperasikan secara swadaya oleh pemerintah	50%
4	Komitmen dan kontinuitas pendanaan melalui penyediaan anggaran untuk	10%	Rata-rata alokasi anggaran untuk penyelenggaraan transportasi publik perkotaan sebesar > 3% dari APBD dalam 5 tahun terakhir, atau terdapat peraturan daerah mengenai anggaran minimal untuk penyelenggaraan transportasi publik perkotaan sebesar > 3%	100%

No	Kriteria Kesiapan (<i>Readiness Criteria</i>)	Bobot Terhadap Seluruh Kriteria	Kondisi Keterpenuhan	Bobot Kondisi Keterpenuhan Terhadap Kriteria
	penyelenggaraan transportasi publik		Setidaknya rata-rata alokasi anggaran untuk penyelenggaraan transportasi publik perkotaan sebesar 2 – 3% dari APBD dalam 5 tahun terakhir	75%
			Rata-rata alokasi anggaran untuk penyelenggaraan transportasi publik perkotaan sebesar 0,5 – 2% APBD dalam 5 tahun terakhir	50%
5	Komitmen daerah berupa keberadaan rencana transportasi regional/daerah	10%	Terdapat Rencana Umum Jaringan Trayek (RUJT) dan dokumen lain yang mendukung, misalnya peraturan mengenai penyelenggaraan perhubungan, dokumen <i>Sustainable Urban Mobility Plan</i> (SUMP), atau dokumen <i>feasibility study</i> (FS) BRT/penyediaan angkutan umum perkotaan	100%
			Terdapat RUJT, tapi belum memiliki studi lain (SUMP/FS) yang mendukung	75%
			Terdapat dokumen SUMP dan/atau FS, tapi belum terdapat RUJT	50%
6	Kapasitas fiskal daerah	7,5%	Memiliki Indeks Kapasitas Fiskal (IKF) “Tinggi” atau “Sangat Tinggi”	100%
7	Keberadaan target/komitmen elektrifikasi transportasi publik oleh pemerintah daerah	5%	Ada target elektrifikasi transportasi publik di tingkat daerah, tercantum pada peraturan perundang-undangan atau peraturan kebijakan	100%
8	Familiaritas pemerintah daerah terhadap bus listrik	5%	Setidaknya telah diintroduksi melalui uji coba	100%
9	Dukungan fiskal dari pemerintah untuk adopsi KBLBB	5%	Terdapat insentif fiskal, misalnya pajak, subsidi oleh pemerintah pusat/daerah, dan pengadaan terkonsolidasi, sehingga TCO <i>parity</i> untuk pembiayaan investasi tercapai	100%
			Insentif fiskal sudah ada, dari pemerintah pusat dan daerah, tapi belum efektif menekan TCO <i>parity</i>	75%
			Insentif fiskal sudah ada, tapi dari pemerintah pusat saja, dan belum efektif menekan TCO <i>parity</i>	50%
10	Keberadaan infrastruktur pendukung	2,5%	Telah terdapat instalasi pengisian daya listrik untuk transportasi publik	100%
			Terdapat setidaknya 1 SPKL atau SPKLU	25%
11	Kecukupan suplai dan stabilitas jaringan listrik	10%	Nilai <i>System Average Interruption Duration Index</i> (SAIDI) < 15,36 dan <i>System Average Interruption Frequency Index</i> (SAIFI) < 2,88	100%
			$15,36 \leq \text{SAIDI} \leq 23,04$ dan $2,88 \leq \text{SAIFI} \leq 9,24$	50%
12	Keberadaan fasilitas uji bus listrik	2,5%	Terdapat fasilitas uji KIR untuk bus listrik secara lengkap	100%

No	Kriteria Kesiapan (Readiness Criteria)	Bobot Terhadap Seluruh Kriteria	Kondisi Keterpenuhan	Bobot Kondisi Keterpenuhan Terhadap Kriteria
13	Kebijakan transportasi berkelanjutan pendukung yang sudah diimplementasikan	2,5%	Ada, <i>push</i> dan <i>pull</i> , yang tercantum dalam peraturan perundang-undangan atau dalam peraturan kebijakan	100%
			Ada, <i>push</i> atau <i>pull</i> saja, yang tercantum dalam peraturan perundang-undangan atau dalam peraturan kebijakan	50%

Setiap kategori memiliki bobotnya masing-masing, di mana kategori paling ideal atau paling baik mendapatkan bobot 100%. Bobot tersebut kemudian diekivalensikan dengan bobot terhadap seluruh kriteria yang ketika dijumlahkan akan menentukan persentase tingkat kesiapan elektrifikasi transportasi publik perkotaan.

Tabel 6. Pembagian Level Kesiapan Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan

Level	Indikator Penentuan Level Kesiapan Elektrifikasi Transportasi Publik	
	Seluruh kriteria yang wajib sudah terpenuhi?	Nilai
Level 1	X	< 30%
Level 2	X	≥ 30%
Level 3	V	< 50%
Level 4	V	≥ 50% - 80%
Level 5	V	≥ 80% - 99%
Level 6	V	100%

2.4. Kerangka Kerja untuk Menciptakan Ekosistem Transportasi Publik Berbasis Listrik Berkelanjutan

Menciptakan ekosistem elektrifikasi transportasi publik yang berkelanjutan bergantung pada kesiapan dari sistem transportasi publik yang saat ini sudah beroperasi pada kota tersebut. Kerangka kerja yang direkomendasikan untuk membangun ekosistem elektrifikasi transportasi publik secara berkelanjutan⁹ adalah sebagai berikut:

- **Membangun Basis Penyelenggaraan Transportasi Publik**

Pemerintah daerah, khususnya Dinas Perhubungan, perlu melakukan hal-hal berikut:

- Mengembangkan rencana penerapan transportasi publik di tingkat daerah, termasuk peta jalan dan target elektrifikasi.
- Mendorong penetapan komitmen pendanaan *multiyears* untuk menjamin ketersediaan anggaran dan keberlanjutan layanan transportasi publik setiap tahun, misalnya melalui komitmen pada regulasi *multiyears* (misalnya Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah), komitmen persentase Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) untuk penyelenggaraan transportasi publik setiap tahun.

⁹ E-Mobility Adoption Roadmap for the Indonesian Mass Transit Program, Part II. Implementation strategies to adopt e-mobility in the mass transit systems in BBMA and Mebidangro. January 2022. ITDP & The World Bank

- Menerbitkan aturan terkait *Service Level Agreement* (SLA) atau Standar Pelayanan Minimal (SPM) untuk layanan transportasi publik di tingkat daerah. Aturan terkait SPM yang dibuat perlu mempertimbangkan potensial penyesuaian yang mungkin terjadi karena proses elektrifikasi.
- Mendirikan *Public Transport Authority* (PTA)/Otoritas Penyelenggara Transportasi Publik untuk mengatur operasional keseluruhan sistem transportasi publik, menjamin SPM diimplementasikan dengan tepat, serta meningkatkan fleksibilitas pengelolaan keuangan untuk layanan transportasi publik, termasuk pengumpulan tarif. PTA harus memiliki fleksibilitas dalam mengelola keuangan dan merencanakan operasional transportasi publik, setidaknya dalam bentuk BLUD UPTD di daerah.
- Merencanakan dan menyediakan fasilitas transportasi publik yang memadai dan aksesibel.
- Merencanakan serta mengalokasikan dana untuk subsidi transportasi publik, dengan mempertimbangkan program elektrifikasi yang berlangsung.

Instansi pemerintah terkait melakukan tinjauan terhadap peraturan eksisting dan perizinan yang mengatur tentang pemasangan infrastruktur pengisian daya. Sementara, Perusahaan Listrik Negara (PLN) melakukan evaluasi terhadap stabilitas jaringan listrik sekaligus melakukan perbaikan atau peningkatan kapasitas yang diperlukan.

- **Meningkatkan Kapasitas Operator**

Kapasitas operator perlu ditingkatkan untuk mengoperasikan transportasi publik, baik yang konvensional maupun berbasis listrik, yang telah memenuhi kebutuhan yang disyaratkan pada SPM. Bergantung pada model kontrak yang diimplementasikan, operator harus memiliki kapasitas untuk menyediakan, mengoperasikan, dan memelihara armada serta infrastruktur pendukung. Apabila terdapat kesenjangan kapasitas yang teridentifikasi, peningkatan kapasitas (*capacity building*) perlu dilakukan, misalnya dalam hal pencatatan keuangan, operasional transportasi publik yang memenuhi SPM, atau perumusan Harga Perkiraan Sendiri (HPS) sebagai acuan penyusunan Biaya Operasional Kendaraan (BOK).

- **Membentuk Otoritas Penyelenggara Transportasi Publik/*Public Transport Authority* (PTA)**

Otoritas Penyelenggara Transportasi Publik dibentuk dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengembangkan rencana operasional berbasis kontrak dengan operator.
2. Menetapkan model bisnis yang akan digunakan, yang telah mempertimbangkan operasional bus listrik dan penyediaan infrastruktur pengisian daya
3. Menetapkan model kontrak antara PTA dan operator, berdasarkan skema model bisnis terpilih.
4. Menetapkan sistem pengumpulan tarif.
5. Membentuk sistem *Intelligent Transportation System* (ITS) untuk memastikan perencanaan dan monitoring layanan transportasi publik yang lebih baik.
6. Mengidentifikasi potensi peran dari masing-masing pemangku kepentingan terkait, seperti, operator bus, penyedia bus listrik (dapat berupa Agen Pemegang Merek/APM atau manufaktur/OEM), PLN, serta instansi lainnya.

- **Memperbarui Daftar Pada Sistem *E-katalog***

Dinas Perhubungan, PTA, dan operator yang telah disepakati yang telah memenuhi ketentuan untuk didaftarkan ke sistem *e-katalog* dengan tujuan mengoperasikan transportasi publik.

- **Berkontrak dengan Operator Terpilih**

PTA akan berkontrak dengan operator untuk menjalankan layanan transportasi publik. Skema kontrak antara PTA dengan operator terpilih harus memastikan adanya pencatatan/laporan data yang berkaitan dengan operasional elektrifikasi.

- **Merencanakan Elektrifikasi Transportasi Publik**
PTA harus mengembangkan rencana untuk elektrifikasi, termasuk rencana teknis yang sesuai dengan data operasional dan kebutuhan investasi, serta mengidentifikasi opsi pendanaan, dan pemutakhiran skema bisnis—termasuk model kontrak—apabila diperlukan.

2.5. Studi Kasus Reformasi Transportasi Publik: Modifikasi Model Kontrak Transportasi Publik Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru.

Intervensi strategi reformasi transportasi publik yang paling sesuai untuk Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru dilakukan dengan terlebih dahulu mengidentifikasi permasalahan terkait penyelenggaraan transportasi publik di masing-masing kota. Permasalahan dari kondisi eksisting transportasi publik dan kesiapan elektrifikasi di Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru, dapat dirangkum dalam 7 poin permasalahan yang dipetakan pada **Tabel 7**¹⁰.

Tabel 7. Rekap Permasalahan Transportasi Publik dan Kesiapan Elektrifikasi Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru

	Rekap Permasalahan	Kota Surabaya	Kota Surakarta	Kota Pekanbaru
1	Rendahnya cakupan layanan dan penggunaan (<i>mode share</i>) transportasi publik eksisting	✓	✓	✓
2	Kapasitas fiskal daerah untuk melanjutkan layanan transportasi publik eksisting terbatas	✗	✓	✗
3	Kapasitas fiskal daerah untuk mengembangkan layanan transportasi publik terbatas	✓	✓	✓
4	Kualitas layanan transportasi publik eksisting masih membutuhkan peningkatan	✓	✓	✓
5	Pemerintah kota belum familiar dengan teknologi bus listrik/ ekosistem KBLBB untuk mendukung elektrifikasi transportasi publik belum terbentuk	✗	✓	✓
6	Pemerintah kota telah memiliki rencana elektrifikasi transportasi publik, namun masih yang membutuhkan pendetailan lebih lanjut	✓	✗	✓
7	Belum terdapat kerangka regulasi di daerah yang menetapkan target pengembangan dan elektrifikasi transportasi publik	✓	✓	✓

Permasalahan (1), (2), (3), dan (4) berkaitan dengan kondisi fundamental layanan transportasi publik. Bahkan, hampir seluruh masalah tersebut masih dialami oleh ketiga kota: rendahnya cakupan layanan dan penggunaan transportasi publik; kapasitas fiskal terbatas untuk pengembangan layanan; dan masih dibutuhkannya peningkatan kualitas layanan transportasi publik eksisting. Khusus untuk Surakarta, terdapat permasalahan terkait terbatasnya kapasitas fiskal daerah untuk melanjutkan layanan transportasi publik yang sebelumnya dikelola oleh Kementerian Perhubungan.

¹⁰ Tanda centang menandakan permasalahan yang tercantum merupakan salah satu permasalahan utama pada kota terkait. Tanda silang menandakan permasalahan yang tercantum bukan permasalahan major di kota terkait, walaupun barangkali kota tersebut memiliki isu di hal tersebut pula.

Permasalahan fundamental terkait layanan transportasi publik dapat diselesaikan dengan kerangka reformasi transportasi publik. Pada prinsipnya, tujuan reformasi transportasi publik, faktor pendukung, serta potensi kegiatan terkait reformasi transportasi publik untuk mencapai tujuan dan merealisasikan faktor pendukung tersebut terangkum pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Pemetaan Kegiatan Terkait Reformasi Transportasi Publik Perkotaan

Tujuan	Kegiatan Terkait	Faktor Pendukung	Kegiatan Terkait
Kualitas layanan yang andal	Penyusunan strategi dan rencana aksi peningkatan kualitas layanan transportasi publik	Institusi pengelola transportasi publik	Penyusunan rekomendasi penyiapan institusi otoritas transportasi publik
	Pemilihan model kontrak (<i>quality incentivized/ performance-based</i>)		Penyusunan rekomendasi integrasi kelembagaan antar wilayah administrasi
Jaringan yang efisien	<i>Route rationalization</i> dan perubahan pola operasional	Pelaku industri transportasi publik yang profesional	Pendampingan pembuatan konsorsium operator
	Pemilihan model kontrak: pemberian izin trayek dalam “paket” (untuk mencakup rute dengan tujuan peningkatan <i>coverage</i> , tidak hanya rute <i>high demand</i>)		Peningkatan kapasitas operator
Tarif yang terintegrasi	Penyusunan rekomendasi struktur tarif dan <i>concessionaire fare</i>		Pemilihan model kontrak (pelibatan operator pada layanan <i>regulated</i> , tidak hanya pemberian izin trayek)

Permasalahan (1) dan (4), sebagai permasalahan yang dialami oleh Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru, berkaitan erat dengan salah satu tujuan reformasi transportasi publik, yaitu terciptanya kualitas layanan yang andal. Oleh karena itu, mengacu pada **Tabel 8**, penyusunan strategi dan rencana aksi peningkatan kualitas layanan transportasi publik akan dikerjakan untuk ketiga kota. Selain itu, permasalahan (3) sebagai permasalahan yang dialami oleh ketiga kota, juga dapat diatasi melalui eksplorasi model kontrak selain model *Buy The Service* (BTS) yang saat ini banyak digunakan oleh pemerintah daerah untuk memastikan kualitas layanan. Dengan model kontrak alternatif, kebutuhan subsidi per rute berpotensi berkurang, sehingga, dengan total subsidi yang sama, pemerintah memiliki fleksibilitas untuk mengaktivasi lebih banyak rute maupun mengalokasikan dana untuk peningkatan layanan.

Permasalahan (2) dapat diatasi melalui optimasi kebutuhan subsidi yang mempertimbangkan tidak hanya model kontrak, namun juga peninjauan kembali terhadap pola operasional saat ini dan komponen biaya pada struktur BOK. Sementara itu, permasalahan (5), (6), dan (7) dapat diselesaikan melalui penyusunan peta jalan elektrifikasi.

Jenis model bisnis yang umum digunakan untuk operasional transportasi publik perkotaan di Indonesia adalah Izin Operasional dengan SPM, Swadaya, dan Pembelian Layanan/*Buy the Service* (BTS). Model Swadaya dan BTS digunakan di ketiga kota yang dianalisis¹¹, dengan rincian sebagai berikut.

¹¹ Hingga November 2024.

Tabel 9. Model Bisnis/ Kontrak yang Diimplementasi di Setiap Kota

Kota	Model Kontrak	Rute Layanan
Surabaya	Swadaya	1 rute Suroboyo Bus dan 7 rute Wira-Wiri Suroboyo
	BTS	1 rute Suroboyo Bus, 2 rute Trans Semanggi Suroboyo ¹² , dan 5 rute Wira-Wiri Suroboyo
Surakarta	BTS	Seluruh rute <i>trunk</i> dan <i>feeder</i> Batik Solo Trans
Pekanbaru	Swadaya	Seluruh rute Trans Metro Pekanbaru

Selain menganalisis kelayakan implementasi model kontrak yang umum berlaku di Indonesia: pemberian izin trayek (*route licensing*/ “RL”), model swadaya, dan model pembelian layanan (*Buy The Service*/ “BTS” atau *Gross-Cost Contract*/“GCC”); studi ini juga menganalisis kelayakan implementasi model kontrak alternatif lainnya, yaitu, *Net Cost Contract* (“NCC”), *Management Contract* (“MC”), dan *Performance-Based Contract* (“PBC”). Perbedaan masing-masing model kontrak, serta perbandingannya dengan model BTS dirangkum pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Perbedaan Model Kontrak NCC, MC, dan PBC Dibandingkan dengan Model BTS

No	Model Kontrak	Perbedaan Utama dengan Model BTS
1	Net-Cost Contract (NCC)	Besar subsidi yang dibayarkan oleh Pemerintah hanya mencakup selisih estimasi pendapatan dan biaya (tidak untuk seluruh komponen). Risiko demand tidak ditanggung oleh pemerintah.
2	Management Contract (MC)	Investasi aset (termasuk armada) dilakukan oleh pemerintah dan operator hanya fokus pada operasional
3	Performance-Based Contract (PBC)	Pembayaran kepada operator dilakukan berdasarkan capaian performa operator

Dalam analisis pemilihan model kontrak ini, akan dianalisis model bisnis/ kontrak yang saat ini digunakan oleh pemerintah kota, serta alternatif model kontrak lainnya. Khusus Kota Pekanbaru, berdasarkan hasil diskusi dengan Pemerintah Kota Pekanbaru, hanya akan dinilai model kontrak yang memberikan kepastian pencapaian standar pelayanan minimal (SPM) yang tinggi. Untuk ketiga kota, model bisnis/ kontrak yang dianalisis adalah sebagai berikut.

Tabel 11. Model Kontrak yang Dianalisis untuk Setiap Kota

Kota	Swadaya	BTS/GCC	BMC	PBC	NCC	RL
Surabaya	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Surakarta	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Pekanbaru	✓	✓	✓	✓	✗	✗

Kriteria Penilaian

Analisis multikriteria dilakukan untuk menentukan model kontrak yang paling sesuai untuk Kota Surabaya, Kota Surakarta, dan Kota Pekanbaru. Dengan analisis multikriteria, pemilihan model kontrak didasarkan pada sejumlah aspek dan tidak terfokus pada aspek tertentu saja. Terdapat tiga aspek yang akan

¹² Skema Pembelian Layanan/*Buy the Service* (BTS) untuk Trans Semanggi Suroboyo Koridor 3LL dilakukan oleh Kementerian Perhubungan, sementara rute lainnya oleh Pemerintah Kota Surabaya.

dianalisis lebih lanjut untuk menentukan model kontrak operasional transportasi publik di ketiga kota, yaitu:

- Besar biaya/kebutuhan pendanaan yang ditanggung oleh pemerintah;
- Pemastian kualitas layanan; dan
- Kesesuaian implementasi.



Gambar 6. Aspek yang Dipertimbangkan dalam Pemilihan Model Kontrak
Sumber: ITDP, 2024

Lebih lanjut, tiap aspek memiliki sejumlah subaspek yang lebih detail untuk dinilai, sebagaimana diuraikan pada **Tabel 12**. Tiap subaspek juga memiliki bobotnya tersendiri.

Tabel 12. Subaspek dalam Pemilihan Model Kontrak

Aspek (Total Bobot Aspek)	Subaspek (Bobot Detail Per Subaspek Relatif terhadap Bobot Keseluruhan)	Penjelasan
Aspek pembiayaan (tanggung biaya oleh pemerintah)	Besar BOK (Rp) per kilometer	Untuk perhitungan aspek pembiayaan, digunakan rute dengan <i>demand</i> tertinggi dan jarak tempuh harian mendekati ~200 km, dengan rincian untuk setiap kota sebagai berikut: • Surabaya: Koridor R1 Suroboyo Bus (266 km/hari); • Surakarta: Koridor 1 Batik Solo Trans (234,5 km/hari); dan • Pekanbaru: Koridor 1 Trans Metro Pekanbaru (217 km/hari). Semakin rendah beban subsidi oleh pemerintah, semakin tinggi skor pada aspek ini.
Aspek penjaminan kualitas layanan	a. Potensi tidak terpenuhinya SPM b. Bentuk perjanjian c. Intervensi insentif/penalti	a. Semakin rentan SPM tidak terpenuhi, semakin rendah skor yang didapat b. Skor model kontrak akan tinggi jika model kontrak mensyaratkan adanya perjanjian (misal, dalam bentuk dokumen kontrak) antara operator dan pemerintah untuk menjamin pemenuhan kualitas layanan c. Model dengan <i>default</i> memberikan insentif dan penalti akan memiliki skor paling tinggi
Aspek kesesuaian implementasi	a. Kesesuaian dengan regulasi b. Kesesuaian dengan model kelembagaan eksisting c. Ketersediaan operator dengan kualitas dan kondisi finansial yang baik	a. Model kontrak yang telah diatur kerangka kontraknya akan memiliki skor lebih tinggi, karena tidak dibutuhkan kerangka regulasi baru

Aspek (Total Bobot Aspek)	Subaspek (Bobot Detail Per Subaspek Relatif terhadap Bobot Keseluruhan)	Penjelasan
	d. Besar perubahan dari model bisnis eksisting e. Karakteristik <i>demand</i> rute	b. Mempertimbangkan sumber pendapatan, fleksibilitas penerimaan retribusi, dan penyesuaian operasional, model kelembagaan UPTD dinilai paling cocok untuk mengelola model kontrak Swadaya, Izin Operasional dengan SPM/ <i>Route Licensing</i> (RL), dan <i>Management Contract</i> (MC) dan belum cocok untuk mengelola model GCC, NCC, dan PBC. BLU UPTD dan BLUD dinilai cocok untuk mengelola GCC dan NCC, serta model kontrak lain yang dapat dikelola oleh UPTD. BUMD dinilai cocok untuk mengelola seluruh jenis model kontrak yang ada, termasuk PBC. c. Model dengan keterlibatan operator paling rendah akan mendapatkan skor tertinggi, mengindikasikan tidak dibutuhkannya peran pihak lain di luar otoritas transportasi publik dalam memberikan layanan transportasi publik d. Model yang tidak membutuhkan perubahan signifikan dari model bisnis/kontrak eksisting akan memiliki skor tertinggi e. Mempertimbangkan karakteristik <i>demand</i> dan kaitannya dengan karakteristik model kontrak, model NCC dan RL merupakan model yang relatif cocok untuk rute high demand, sementara itu, model swadaya, GCC, dan MC lebih cocok untuk rute dengan <i>demand</i> rendah. Karena rute yang dianalisis di setiap kota adalah koridor yang memiliki <i>Load Factor</i> (LF) tertinggi dibanding koridor lainnya, dianggap bahwa koridor yang dianalisis adalah koridor/rute dengan karakteristik <i>high demand</i> . Koridor yang dianalisis dikategorikan sebagai <i>high demand</i> karena memiliki <i>load factor</i> atau penumpang/bus/hari tertinggi relatif terhadap koridor lainnya.

Alternatif model kontrak dianalisis dengan mempertimbangkan prioritas pemerintah daerah terhadap tanggungan biaya untuk operasional transportasi publik, pemastian kualitas layanan, dan kesesuaian implemenasinya dengan kondisi eksisting dan karakteristik daerah. Rekomendasi model kontrak alternatif untuk operasional transportasi publik Kota Surabaya, Kota Surakarta, dan Kota Pekanbaru dirangkum pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Rekomendasi Model Kontrak Operasional Transportasi Publik untuk Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru

Kota	Tingkat Prioritas Pemda ¹³			Rekomendasi Model Kontrak	Catatan
	Besar biaya ditanggung pemerintah daerah	Penjaminan kualitas layanan	Kesesuaian implementasi dengan kondisi eksisting		
Surabaya				MC, dilanjutkan PBC	Pemda masih memiliki aset berupa armada transportasi publik. MC dapat menjadi model kontrak transisi untuk distribusi risiko operasional, untuk aset yang dimiliki Pemda. PBC menjadi model lanjutan dari kontrak GCC eksisting untuk meningkatkan kualitas layanan
Surakarta				NCC	Potensi pengurangan kebutuhan anggaran, utamanya jika kapasitas fiskal daerah untuk melanjutkan transportasi publik eksisting terbatas. Kebutuhan subsidi lebih rendah karena risiko <i>demand</i> tidak menjadi tanggung jawab Pemda. Perlu mengestimasi pendapatan yang tidak membebani operator, namun tetap mendorong operator untuk meningkatkan pendapatan melalui penambahan alternatif sumber pendapatan (misal, <i>advertising</i>) dan peningkatan kualitas layanan
Pekanbaru				MC, dilanjutkan PBC	Karena Pekanbaru masih mengoperasikan transportasi publik secara swadaya, MC sebagai model kontrak transisi untuk kembali melibatkan operator dengan risiko minimal.

Refleksi

- Bagaimana kondisi transportasi publik di kota Anda saat ini? Moda transportasi apa yang mendominasi? Bagaimana jumlah penumpang yang menggunakan transportasi publik, serta *mode share* transportasi publik?
- Apakah kota Anda sudah menetapkan tujuan strategis terkait implementasi transportasi publik, termasuk elektrifikasinya? Jika sudah, apa saja tujuannya? Apabila belum, mengapa?
- Dalam skala 1-5, seberapa penting elektrifikasi bagi transportasi publik di kota Anda?
- Apakah kota Anda sudah menerbitkan regulasi pendukung untuk elektrifikasi transportasi publik berbasis jalan, pengurangan polusi udara, atau pengurangan polusi suara? Jika iya, bagaimana sistem tersebut berjalan? Apabila belum, apakah ada rencana untuk menerbitkan regulasi tersebut?

¹³ Tingkat prioritas tiap aspek berbeda untuk tiap kota. Semakin tinggi prioritas Pemda terhadap aspek terkait, semakin pekat warna biru pada kolom tiap kota. Tingkat prioritas ini ditentukan berdasarkan diskusi bersama dengan Pemda.

- Apakah ada dukungan dari pihak pemangku kepentingan eksternal untuk perencanaan, pengembangan, dan elektrifikasi transportasi publik berupa bus di kota atau provinsi Anda? Contoh, hibah dari pemerintah nasional sebagai katalis untuk mengembangkan sistem transportasi publik yang dilengkapi dengan standar pelayanan minimal yang andal, dukungan pendanaan dan pembiayaan, kemitraan dengan manufaktur, produsen, dan lain-lain di kota Anda?
- Apakah hambatan terbesar untuk elektrifikasi transportasi publik di kota Anda?

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
https://itdp-indonesia.org/publication/peta-jalan-dan-program-insentif-nasional-untuk-elektrifikasi-transportasi-publik-perkotaan-berbasis-jalan/	Peta Jalan dan Program Insentif Nasional untuk Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan Berbasis Jalan	ITDP dan ViriyaENB, 2024
	Strategi Reformasi dan Peta Jalan Elektrifikasi Transportasi Publik untuk Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru	ITDP dan ViriyaENB, 2025
	E-Mobility Adoption Roadmap for the Indonesian Mass Transit Program, Part II. Implementation strategies to adopt e-mobility in the mass transit systems in BBMA and Mebidangro.	Januari 2022. ITDP dan The World Bank.
	Sustainable Transportation Forum 2022	Oktober 2022. Kementerian Koordinator Maritim dan Investasi, Republik Indonesia

3. Model Bus Listrik dan Teknologi Infrastruktur Pengisian Daya

Kotak 2. Definisi Istilah Utama

kWh (kilowatt per hour) adalah satuan energi listrik.

LFP (Lithium Iron Phosphate) adalah salah satu jenis sel baterai litium-ion yang sering digunakan untuk baterai bus listrik. LFP dikenal karena stabilitas termal yang tinggi, keamanan yang baik, masa pakai siklus yang panjang, dan kemampuan fast charging/discharging yang relatif baik, meskipun dengan kepadatan energi yang lebih rendah dibandingkan jenis baterai lain seperti NMC

NMC (Nickel Manganese Cobalt Oxide) adalah salah satu jenis sel yang paling sering digunakan untuk baterai bus listrik. Performanya terletak di antara baterai LTO dan LFP, namun memiliki kapasitas yang lebih besar dari pada LFP.

LTO (Lithium Titanium Oxide) merupakan salah satu jenis sel baterai litium-ion yang paling sering digunakan untuk baterai bus listrik. Baterai LTO dikenal karena kemampuan pengisian dan pengosongan daya ultra-cepat (ultra-fast charging/discharging), stabilitas pada suhu ekstrem, dan masa pakai siklus yang sangat panjang, menjadikannya ideal untuk aplikasi opportunity charging

NCA (Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide) adalah jenis sel baterai litium-ion yang dikenal memiliki kepadatan energi tinggi, menjadikannya pilihan yang sering digunakan pada kendaraan listrik performa tinggi untuk mencapai jarak tempuh yang jauh.

BMS adalah sistem yang memantau, mengelola, dan melindungi baterai (terutama lithium-ion) untuk mengoptimalkan kinerja, memperpanjang masa pakai, dan memastikan keamanan baterai. Fungsinya mencakup pemantauan tegangan, arus, suhu, serta menjaga keseimbangan dan perlindungan sel baterai.

SoC (State of Charge) perbandingan antara jumlah energi yang tersisa dalam baterai dengan kapasitas total baterai, yang dinyatakan dalam persentase (%). Besaran ini mengindikasikan tingkat pengisian baterai saat ini.

SoF (State of Function) adalah besaran yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan baterai dalam menyediakan daya listrik yang dibutuhkan pada waktu tertentu, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti suhu, SoC, dan penuaan baterai. Ini berkaitan dengan kapasitas daya puncak yang dapat diberikan oleh baterai.

SoH (State of Health) adalah indikator kuantitatif yang menunjukkan kondisi kesehatan baterai secara keseluruhan dibandingkan dengan kondisi baterai baru. Ini sering dinyatakan dalam persentase kapasitas energi yang tersisa dibandingkan dengan kapasitas nominal aslinya, mencerminkan kemampuan baterai untuk menyimpan dan mengeluarkan energi.

EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment) yaitu peralatan yang terhubung ke sumber daya listrik, dengan menyediakan arus listrik bolak-balik (AC) atau arus listrik searah (DC) pada kendaraan listrik. Unit EVSE disebut sebagai stasiun pengisian atau unit dispenser pengisian daya.

CCS (Combined Charging System) merupakan standar pengisian daya yang menggabungkan pengisian arus bolak-balik (AC) dan arus searah (DC) ke dalam satu port konektor pada kendaraan listrik. Standar ini dikembangkan dan banyak digunakan terutama di Amerika Utara dan Eropa.

CHaDeMo merupakan jenis konektor pengisi daya dengan arus DC untuk kendaraan listrik yang dikembangkan dan banyak digunakan di Jepang.

GB/T adalah singkatan dari Guobiao, yaitu standar nasional Tiongkok. Dalam konteks kendaraan listrik, standar GB/T merujuk pada spesifikasi konektor dan protokol pengisian daya AC dan DC yang digunakan secara luas di Tiongkok.

Top-down pantograph adalah sistem pengisian daya di mana pantograf (lengan penghubung) terpasang pada stasiun pengisian di atas (infrastruktur), dan secara otomatis turun untuk terhubung dengan rel atau *interface* yang ada di atap bus.

Bottom-up pantograph Bottom-up pantograph adalah sistem pengisian daya di mana pantograf terpasang di atap bus, dan secara otomatis naik untuk terhubung dengan rel atau *interface* pengisian yang terpasang pada infrastruktur di atasnya.

Keberhasilan implementasi bus listrik sangat bergantung pada pemahaman komprehensif pelaksana terhadap spesifikasi dan kinerja teknologi ekosistem bus listrik yang saat ini tersedia di pasar.

Analisis kondisi eksisting dan tren pasar (*market trend*) teknologi ekosistem bus listrik penting untuk dilakukan sebagai dasar pemilihan teknologi yang akan dipilih untuk elektrifikasi transportasi publik perkotaan di Indonesia. Teknologi dalam ekosistem bus listrik terdiri dari model bus listrik, baterai bus listrik, dan fasilitas pengisian daya untuk bus listrik. Tren pasar yang dianalisis mencakup pasar global dan nasional sehingga dapat diidentifikasi model-model yang digunakan yang telah diimplementasi di Indonesia, dengan tetap memperhatikan tren global terkait perkembangan teknologi bus listrik.

Secara keseluruhan, pada analisis ini teknologi bus listrik dan pengisian daya dipilih berdasarkan *market research* dengan prinsip:

1. Reliability and safety

Model bus listrik dan fasilitas pengisian daya (*charger*) telah diketahui performanya ketika digunakan sesuai kondisi aktual di Indonesia. Apabila bus listrik atau *charger* belum pernah digunakan untuk layanan operasional transportasi publik di Indonesia, setidaknya performanya pernah melalui uji coba.

2. Generality

Model bus listrik memiliki dimensi dan kapasitas penumpang yang serupa dengan dimensi bus konvensional eksisting, yang umumnya digunakan di kota-kota Indonesia, terutama di Pekanbaru. Hal ini agar kinerja operasional bus listrik serupa dengan kinerja eksisting yang telah memenuhi SPM.

3. Regulatory compliance

Model bus listrik harus memenuhi batasan GVW dan pengelompokan dimensi pada Permenhub No. 15/2019. Keberadaan baterai membuat bus listrik memiliki massa yang lebih berat daripada bus konvensional sehingga perlu dipertimbangkan secara khusus agar tidak memberikan beban yang berlebihan kepada jalan yang dilalui.

4. Compatibility

Model bus listrik, baterai, dan *output* maksimum dari *charger* harus kompatibel dengan satu sama lain agar dapat mendukung kelancaran operasional bus listrik dan memaksimalkan dampak implementasi elektrifikasi transportasi publik.

5. Fit to operational purpose

Kapasitas baterai yang dipilih untuk setiap jenis bus listrik sesuai dengan keumuman di pasar dan kebutuhan operasional. Pemilihan diprioritaskan untuk kapasitas baterai yang memungkinkan bus listrik untuk hanya membutuhkan *overnight charging*.

Model pengisian daya yang dipilih memiliki laju pengisian daya yang memadai untuk jenis bus listrik terkait, dengan durasi yang cukup agar bus listrik hanya perlu memerlukan *overnight charging*, dan dapat mengisi daya pada *windowtime* yang ada apabila memerlukan *opportunity charging*.

3.1. Gambaran Umum Mengenai Pasar Bus Listrik dan Spesifikasinya

Secara global, pasar bus listrik tumbuh secara signifikan. Beberapa negara di dunia melakukan transisi ke bus listrik untuk mencapai target emisi GRK. Pada 2024, terdapat sekitar 70.000 bus listrik yang terjual, atau 6% *market share* total bus yang terjual secara global¹⁴. Kini, Tiongkok mendominasi pasar bus listrik, di mana bus listrik mencakup 64% penjualan bus di Tiongkok. Angka penjualan tersebut berkontribusi pada 69% penjualan global. Namun, angka ini merupakan sebuah penurunan dari kontribusi penjualan Tiongkok yang mencapai 80% dari total penjualan global. Hal ini menandakan mulainya pertumbuhan pasar bus listrik di negara lain. Sejumlah bus listrik yang terjual ke Eropa, Amerika Latin, dan Amerika Utara merupakan bus asal Tiongkok.

Rincian spesifikasi beberapa model bus listrik di pasar global dapat ditemukan pada **Tabel 15** hingga **Tabel 17** di bab ini. Meskipun baterai dapat diakuisisi secara terpisah dari unit bus listrik itu sendiri,

¹⁴ International Energy Agency, 2025. Global EV Outlook 2025: Expanding sales in diverse markets.

spesifikasi model yang disajikan di bagian ini telah disesuaikan dengan kapasitas baterai yang lazim diasosiasikan pada masing-masing model bus tersebut.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 15 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Angkutan Orang Dengan Kendaraan Bermotor Umum Dalam Trayek, terdapat enam tipologi armada bus itu dapat digunakan untuk transportasi publik di perkotaan, seperti yang dijelaskan pada **Tabel 14** di bawah ini. Tipologi ini dibagi berdasarkan dimensinya: berat total atau jumlah berat bruto (JBB) yang diizinkan, panjang, lebar, tinggi, serta fungsinya untuk melayani jalur *trunk* atau *feeder* pada tipe kota. Pemilihan jenis bus akan melihat dimensi yang diperbolehkan dan fungsi yang tercantum dalam Permenhub.

Tabel 14. Spesifikasi Setiap Jenis Bus Diatur Permenhub No. 15 Tahun 2019

Tipe	Spesifikasi			
	Jumlah Berat yang Diizinkan	Panjang	Lebar	Tinggi
Bus Kecil/ Mobil Penumpang Umum (MPU)	JBB > 3.500 - 5.000 kg	≤ 6.000 mm	≤ 2.100 mm	≤ 1,7 kali lipat lebar kendaraan
Bus Sedang	JBB > 5.000 - 8.000 kg	≤ 9.000 mm	≤ 2.100 mm	≤ 1,7 kali lipat lebar kendaraan
Bus Besar	JBB > 8.000 - 16.000 kg	>9.000 -12.000 mm	≤ 2.500 mm	≤ 4200 mm ≤ 1,7 kali lipat lebar kendaraan
Bus MAXI	JBB > 16.000 - 24.000 kg	>12.000 - 13.500mm	≤ 2.500 mm	≤ 4200 mm ≤ 1,7 kali lipat lebar kendaraan
<i>Articulated Bus</i>	JBKB 22.000 - 26.000 kg	>13.500 - 18.000 mm	≤ 2.500 mm	≤ 4200 mm ≤ 1,7 kali lipat lebar kendaraan
<i>Double-Decker Bus</i>	JBB 21.000 - 24.000 kg	≥ 9.000 - 13.500 mm	≤ 2.500 mm	≤ 4.200 mm

Armada bus gandeng (*articulated bus*) dan maxi terutama digunakan pada trayek dengan kapasitas tinggi. Di Transjakarta, armada bus gandeng dan maxi digunakan pada koridor Bus Rapid Transit (BRT). Bus tingkat (*double-decker bus*) tidak umum digunakan dalam layanan transportasi publik di Indonesia. Transjakarta menggunakan bus tingkat untuk layanan wisata.

Terkait dengan armada bus listrik, tabel di bawah ini menunjukkan model yang umumnya tersedia di seluruh dunia untuk bus besar, bus sedang, dan MPU.

Tabel 15. Beberapa Model Bus Besar (9 - 12 m)

Jenis Bus	Model Bus Listrik	Kapasitas Baterai (kWh)	Jarak Tempuh Maks (km)*	Beban Maks (kg)	Kapasitas Pnp.	Pasar**	Ilustrasi Bus
Bus Besar 9 - 12 m	BYD K9	324	176.1	18000	37	Cina, Kolombia, Singapura, Indonesia	 15
	Zhongtong LCK6125EV	350	150	19500	40	Cina	 16
	Tata Urban 9/12	188	160	19500	40	India	 17
	Yutong	374	320	19500	35+D	Cina, Chili	 18

* Jarak tempuh operasional di jalan dapat berkurang atau berbeda dari jarak tempuh maksimum yang dinyatakan di sini.

**Negara atau wilayah yang telah mengadopsi model untuk tujuan komersial.

¹⁵ BYD Singapore. <https://sg.byd.com/k9/>

¹⁶ Zhongtong Buses. <http://www.zhongtongbuses.com/10-1-electric-coach/>

¹⁷ 91trucks. <https://www.91trucks.com/buses/tata/urban-912m>

¹⁸ Yutong. <https://yutong.com.au/buses-and-coaches/e12-series/>

Tabel 16. Beberapa Model Bus Sedang (6 - 9 m)

Tipe Bus	Model Bus Listrik	Kapasitas Baterai (kWh)	Jarak Tempuh Maks (km)*	Beban Maks (kg)	Kapasitas Penumpang	Pasar**	Ilustrasi Bus
Bus Sedang 6 - 9m	Bus Listrik Tata Ultra 9/9 AC	124	150	17800	31+D	India	 19
	BYD K7	180	221	13500	22+D	Indonesia	 20
	Shenzhen BAK LSK6105GEV1	175	200	17000	20+D	India	 21

* Jarak tempuh operasional nyata di jalan dapat dikurangi atau berbeda dari jarak tempuh maksimum yang dinyatakan di sini.

**Negara atau wilayah yang telah mengadopsi model untuk tujuan komersial.

¹⁹ 91trucks, op. cit. hlm 14.

²⁰ Sustainable Bus. BYD 'conquers' Los Angeles and gets the largest ebus order in US history. <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/byd-conquers-los-angeles-and-gets-the-largest-ebus-order-in-us-history/>

²¹ BAK Automobile. Congratulations! BAK Auto wins the Triathlon Award for the New Energy Logistics Vehicle Challenge! <http://www.bakauto.com.cn/en/h-nd-11.html>

Tabel 17. Beberapa Model Bus MPU (< 6 meter)

Tipe Bus	Model Bus Listrik	Keluaran Daya (kW)	Kapasitas Baterai (kWh)	Jarak Tempuh Maks (km)*	Beban Maks (kg)	Kapasitas Pnp.	Pasar**	Ilustrasi Bus
MPU ≤ 6 m	Vauxhall VIVARO-E Life Combi	100	50	229	3030	9+D	Inggris	 22
	GELORA DFSK	30	42	300	13500	11**+D	Cina, Indonesia	 23
	Foton Toano EV	100	79.92	350	4250	13+D	Cina, Filipina	 24

Saat ini, sebagian besar bus listrik yang beroperasi di Indonesia merupakan tipe bus besar (12 meter). Bus listrik yang tersedia di Indonesia diproduksi/didistribusi oleh beberapa manufaktur/distributor lokal yang terdaftar di Kementerian Perindustrian, di antaranya adalah PT MABI, PT INKA, PT Kendaraan Listrik Indonesia (distributor bus listrik Skywell asal Tiongkok), PT SAG (distributor bus listrik Golden Dragon asal Tiongkok), VKTR (distributor bus BYD asal Tiongkok), dan INVI, anak Perusahaan PT Indika Energy (distributor bus Hyundai asal Korea Selatan).

Pada 2019 - 2021, beberapa tahun pertama sejak Presiden Republik Indonesia mengumumkan Perpres No. 55/2019, pasar bus listrik mayoritas dipenuhi oleh bus listrik asal Tiongkok yang diimpor dengan metode *Completely Built-Up* (CBU). Sejak 2022, BYD mengenalkan bus listrik lantai tinggi (*high deck*) yang karoserinya disediakan oleh Laksana, perusahaan lokal asal Indonesia. Bus tersebut beroperasi untuk transportasi publik perkotaan di bawah layanan Transjakarta sejak akhir 2024. Sejumlah model bus listrik, sejak saat itu, banyak disediakan secara IKD (*Incompletely Knocked-Down*) atau CKD (*Compelety Knocked-Down*), tidak secara CBU, yang karoserinya dirancang oleh perusahaan lokal.

²² Autoexpress. Vauxhall Vivaro-e review. <https://www.autoexpress.co.uk/depth-reviews/353564/vauxhall-vivaro-e-review>

²³ DFSK. <https://www.dfskmotors.co.id/id/cars/gelora-electric>

²⁴ Foton Motor Philippines, Inc. <https://www.foton.com.ph/vehicles/passenger-vehicles/toano-15-seater/>

Sejumlah model bus listrik lainnya yang sudah beroperasi secara komersial atau melalui uji coba untuk transportasi publik perkotaan di Indonesia, secara lengkap terdapat pada **Tabel 18**.

Tabel 18. Model Bus Listrik yang Telah Diuji Coba atau Beroperasi untuk Transportasi Publik Perkotaan di Indonesia²⁵

Jenis Bus	Merek Bus	Panjang (meter)	Kapasitas Baterai (kWh)	Jangkauan Tempuh Maksimum (km) ²⁶	Jangkauan Tempuh (km)	GVW (kg)	Jenis Fasilitas Pengisian Daya yang Digunakan	Durasi Pengisian Daya (menit)	Status Operasional Terakhir
Bus besar 9 – 12 m	BYD K9	12	324	295	236	18.000	<i>Plug-in</i> , 2 x 100 kW	80 – 90 (20% - 100%)	Operasional Transjakarta
	Skywell NJL6129BEV	12	322	250	200	19.500	<i>Plug-in</i> , 2 x 100 kW	80 – 90 (20% - 100%)	Operasional Transjakarta
	Higer Azure KLQ6125GEV2	12	326	320	256	18.000	N/A	N/A	Operasional Medan, uji coba Transjakarta
	SSAG Golden Dragon Pivot E12	12	326	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Operasional Transjakarta
	Zhongtong LCK6125EV	12	350	~250	~200	19.500	N/A	N/A	Operasional Transjakarta
Bus medium 6 – 9 m	Hyundai Elec County	8	128	~200	190	N/A	<i>Plug-in</i> , 2 x 65 kW	80 (0% - 80%), 40 (80% - 100%)	Operasional Surabaya
	INKA E-Inobus	8	172	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Operasional Bandung dan Surabaya (tidak beroperasi lagi)
	BYD C6	7	135	225	180	7.255	N/A	N/A	Uji coba Transjakarta
	Mobil Anak Bangsa MD 8E LE	8	128	160	128	N/A	N/A	N/A	Operasional Yogyakarta
	Skywell NJL6730BEV	7	114	N/A	180	8.000	N/A	N/A	Operasional Jakarta
MPU ≤ 6 m	Gelora DFSK E	4	42	175	140	2.600	<i>Plug-in</i>	80 (0% - 80%)	Uji coba Bogor, Pekanbaru, dan Surabaya
	Foton eTruckMate	4	38,64	220	176	N/A	<i>Fast charging</i>	60	Uji coba terbatas Jakarta

²⁵ Diperoleh dari wawancara dengan Agen Pemegang Merek (APM), hasil observasi lapangan, serta studi pustaka dari sejumlah media kredibel

²⁶ Jarak tempuh operasional aktual dapat dikurangi atau berbeda dari jarak tempuh maksimum yang diklaim oleh produsen.

Tantangan Gross Vehicle Weight

Rata-rata, baterai menyumbang 20-30% dari total berat bus listrik. Seperti yang disebutkan di Tabel 5, Pemerintah Indonesia memiliki peraturan yang mengatur batas berat maksimum di jalan. Berdasarkan peraturan ini, persyaratan *gross vehicle weight* (GVW) akan menjadi sebuah tantangan karena model bus listrik cenderung memiliki bobot yang lebih tinggi dibandingkan dengan bus diesel. Penyedia bus listrik memiliki beberapa opsi untuk mengatasi tantangan ini. Misalnya, beban maksimum yang diperbolehkan untuk model BYD K9 asli adalah 18.000 kg. Namun, bus besar 12 m hanya diperbolehkan memiliki berat maksimal 16.000 kg di Indonesia, sehingga produsen harus memenuhi aturan GVW dengan menggunakan material busnya.

Bobot baterai juga berpotensi menurunkan kapasitas penumpang maksimum dari bus listrik untuk menjadi salah satu alternatif yang bisa diambil OEM untuk mengantisipasi batas GVW. Namun, menurunkan kapasitas akan berdampak pada kinerja operasional sistem transit jika bus diganti sepenuhnya tanpa penambahan armada lainnya. Di sisi lain, penambahan jumlah armada untuk menjaga layanan yang telah ada, akan berdampak pada efektivitas biaya terkait elektrifikasi transportasi publik. Oleh karena itu, perubahan atau relaksasi aturan GVW untuk bus listrik diperlukan untuk mendukung elektrifikasi transportasi publik di Indonesia.

Saat ini, Tiongkok masih mendominasi pasar bus listrik dunia. Bus listrik yang akan digunakan untuk transportasi publik perkotaan di Indonesia perlu memperhatikan kesesuaian dimensi yang diizinkan.

3.2. Bahan Kimia Baterai

Berbagai jenis bahan kimia baterai bus listrik – masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya, perlu dievaluasi secara menyeluruh dalam hal kepadatan energi, rasio daya terhadap berat, jarak tempuh operasi, bahaya keselamatan dan kebakaran, biaya keseluruhan dan *life-cycle costs*, serta keamanan energi, untuk melakukan proses pemilihan teknologi baterai yang paling tepat. Baterai LFP, dan diikuti oleh NMC mendominasi pangsa pasar bus listrik saat ini.

Tabel 19. Spesifikasi Teknis dan Keamanan Termal Tiap Jenis Baterai

Bahan Kimia Penyusun Baterai	Energi spesifik (Wh/kg)	Daya spesifik (W/kg)	Jumlah Siklus	Keamanan Termal	Pasar Umum
LFP	130-140	>1000	2000-5000	Tinggi	Asia
NMC	160-220	480-800	800-2000	Sedang	Amerika, Eropa, Cina
LTO	50-100	>1500	1000-3000	Tinggi	Asia, Eropa
NCA	180-200	500-1000	800-2000	Rendah	Inggris, Amerika

Battery Management System (BMS) adalah prosesor pada baterai. Fungsi yang paling penting dari BMS adalah perlindungan terhadap sel baterai. Sel lithium-ion dapat rusak jika *overcharged* (diisi ulang melebihi batas) atau dibiarkan hingga kosong di bawah ambang batas. Pengisian daya secara berlebihan akan mengakibatkan *overheating*, yang kemudian akan dapat menyebabkan gejala *thermal runaway* dan bisa jadi menciptakan risiko ledakan dan kebakaran. Setiap kali penggunaan baterai terkuras di bawah ambang

batas yang ditetapkan, usia pakai dan daya tampung dari baterai tersebut akan berkurang secara permanen. BMS memastikan bahwa pengisian baterai tidak melebihi ambang batas tertentu. Fungsi penting kedua dari BMS adalah manajemen energi. BMS mengukur berapa banyak energi yang tersisa – yang dikenal sebagai *State of Charge* (SoC). Penilaian SoC yang akurat akan menjadi sangat penting untuk manajemen baterai yang efektif.

Untuk memastikan pengoperasian kendaraan yang aman dan dapat diandalkan, BMS harus dapat menjalankan fungsi-fungsi sebagai berikut:

- Mengevaluasi kondisi dan kinerja bahan kimia baterai, termasuk mengukur masing-masing sel dan tegangan baterai secara keseluruhan.
- Mengukur besarnya arus yang mengalir saat proses pengisian daya dan pemakaian baterai.
- Mengukur suhu dari sel-sel di dalam baterai.
- Menyeimbangkan taraf dan laju pengisian daya antar sel dalam baterai.
- Memperkirakan *state of charge* (SoC), *state of function* (SoF), dan *state of health* (SoH) dari baterai.
- Mengelola aliran arus listrik dan daya ke motor traksi tergantung pada kebutuhan beban saat kecepatan rendah dan kecepatan operasional bus listrik.
- Memberikan sinyal peringatan jika ada subsistem atau komponen yang tidak berfungsi dalam rantai aliran energi.

3.3. Pengisian Daya Bus Listrik

Kelayakan operasional sebuah sistem pengisian daya tergantung pada jumlah bus yang diisi setiap hari, pemilihan teknologi pengisian daya, dan mutu keseluruhan dari baterai yang digunakan bus. Oleh sebab itu, pemilihan strategi pengisian daya—antara *fast charging*, pengisian daya saat siang hari (*opportunity charging*), penggantian baterai *swap*, induksi, dan *flash charging*—merupakan persyaratan penting untuk mengoperasikan bus listrik secara berkelanjutan. Umumnya, terdapat dua jenis pengisian daya – pengisian konduktif dan pengisian nirkabel.

Pengisian konduktif: Pengisian konduktif mengacu pada metode transfer daya di mana terdapat sebuah koneksi fisik antara kendaraan dan EVSE atau peralatan pengisian daya. Pengisian konduktif merupakan jenis pengisian yang paling banyak digunakan. Ada dua sub tipe lebih lanjut dalam metode ini—pengisian daya *plug-in* dan pengisian daya pantograf.

Dalam **pengisian daya *plug-in***, steker pengisian daya yang terhubung dengan EVSE via kabel dimasukkan ke dalam soket yang terletak di kendaraan. Pengisi daya *plug-in* dapat menggunakan sistem AC maupun DC dengan keluaran daya lebih dari 50 kW, atau bahkan lebih kecil.

Pengisian daya pantograf adalah sistem pengisian daya berbasis arus *ultra fast* DC di mana kontak antara kendaraan dan EVSE dilakukan via mekanisme antarmuka *top-down* (*inverted pantograph*) otomatis atau *bottom-up* (*bus-up pantograph*). Pengisian daya pantograf biasanya memiliki keluaran daya lebih dari 400 kW, di mana kondisi ini membuat pengisian daya pantograf tidak cocok untuk diterapkan ke semua jenis sel kimia baterai yang saat ini ada.

Pengisian induktif merupakan metode transfer daya nirkabel berdasarkan induksi elektromagnetik yang memungkinkan bus listrik diisi tanpa perlu kabel atau kontak secara mekanis. Transfer daya terjadi antara bantalan penerima yang berada di bagian bawah kendaraan dan bantalan transmisi daya yang tertanam di tanah. Spesifikasi daya dari pengisi induktif dapat berkisar dari 30 kW hingga 300 kW. Meskipun metode ini memberikan keuntungan seperti tidak adanya kontak fisik antara bus dan pengisi daya, penghematan waktu, dan minimnya intervensi dari pengemudi atau staf untuk melakukan pengisian, metode ini juga menimbulkan tantangan berupa harga investasi awal yang lebih tinggi, efisiensi transfer daya yang lebih rendah, dan masalah penyelarasan posisi bus untuk pengisian daya yang ideal.



Gambar 7. Pengisian Daya Plug-in²⁷ (Kiri Atas), Inverted Pantograph²⁸ (Tengah Atas), Bottom-Up Pantograph²⁹ (Kanan Atas), dan Nirkabel³⁰ (Bawah)

Secara umum terdapat dua jenis pengisian daya - pengisian konduktif, yaitu pengisian *plug-in* dan pantograf, dan pengisian nirkabel, seperti pengisian elektromagnetik.

3.4. Jenis Teknologi Pengisi Daya

Jenis pengisi daya dibedakan berdasarkan soket keluaran dan steker yang digunakan oleh pengisi daya dan berapa daya yang dapat disediakan oleh jenis pengisi daya tertentu. Secara global, terdapat berbagai standar yang berkaitan dengan soket yang digunakan, dikarenakan kebijakan dari masing-masing OEM dan beberapa badan internasional yang masing-masing menetapkan standar dan regulasi yang bervariasi.

Jenis pengisi daya secara umum dikelompokkan ke dalam tiga kategori berdasarkan tingkat daya, antara lain:

- Level 1 memiliki keluaran daya < 3.3 kW;
- Level 2 memiliki keluaran daya antara 3.3 dan 22 kW; dan
- Level 3 memiliki keluaran daya > 22 kW.

Tabel 20 menunjukkan jenis pengisi daya yang berlaku untuk bus listrik.

²⁷ Sustainable Bus. Electric bus adoption: TCO is the king! They'll be cost competitive from 2023. <https://www.sustainable-bus.com/news/tco-electric-buses-will-be-cost-competitive-from-2023/>

²⁸ Sustainable Bus. Fast charging stations for electric buses installed in Milan. 170 e-buses by end 2021. <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/fast-charging-station-electric-buses-atm-milano/>

²⁹ Sustainable Bus. Electric bus range, focus on electricity consumption. A sum-up. <https://www.sustainable-bus.com/news/electric-bus-range-electricity-consumption/>

³⁰ Electrive. Inductive 200 kW charging system for buses ready. <https://www.electrive.com/2018/04/19/inductive-200-kw-charging-system-for-buses-ready/>

Tabel 20. Jenis-Jenis Pengisi Daya yang Umum Digunakan untuk Bus Listrik

Jenis Pengisi Daya	Steker dan Soket	Spesifikasi	AC atau DC
CCS tipe 1	 31	- Tenaga maksimal 80-350 kW - Sebagian besar digunakan di Amerika Serikat	AC dan DC
CCS tipe 2	 32	- Tenaga maksimal 80-350 kW - Sebagian besar digunakan di Eropa	AC dan DC
CHadeMo	 33	- Tenaga maksimal 400 kW - Digunakan di Jepang	DC
GB/T		- Tenaga maksimal 237.5 kW - Digunakan di Cina	AC dan DC

Soket pengisian CCS menggabungkan saluran masuk, baik untuk arus AC maupun DC, dengan menggunakan pin komunikasi yang digunakan secara bersamaan. Dengan demikian, soket pengisian untuk mobil yang dilengkapi CCS akan berukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan tempat yang dibutuhkan untuk soket CHadeMO atau GB/T DC ditambah soket AC.

Di Indonesia, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menetapkan standar untuk teknologi pengisian daya dalam upaya untuk memastikan interoperabilitas infrastruktur pengisian untuk kendaraan yang berbeda-beda seperti mobil penumpang, bus dan kendaraan angkutan barang. Berdasarkan **Peraturan Menteri ESDM No. 13/2020**, semua alat pengisian daya untuk SPKLU harus mengikuti konektor standar nasional: **AC Type 2**, **CHadeMO**, dan **CCS2** dan harus terdaftar agar memenuhi Standar Nasional

³¹ Howell, D. (2013). Current Fiscal Year (2012 – 2013) status of the hybrid and Electric Systems R&D at the U.S. – doe. World Electric Vehicle Journal, 6(3), 502–513. <https://doi.org/10.3390/wevj6030502>

³² The Driven. Australian electric vehicle plug war is over, Tesla picks a side. <https://thedriver.io/2018/11/19/australian-electric-vehicle-plug-war-is-over-tesla-picks-a-side/>

³³ Joosup. What is a CHadeMO Charger? <https://www.joosup.com/what-is-chademo-charger/>

Indonesia (SNI). Walaupun pengisian daya untuk transportasi publik tidak harus berlokasi di SPKLU, namun, tiga standar pengisian daya tersebut merupakan tipe pengisian daya yang umum terdapat di Indonesia.

Namun, beberapa jenis konektor pengisi daya *plug-in* untuk infrastruktur pengisian daya publik sudah distandarisasi dengan SNI, namun, pengisian pantograf dan induktif masih belum ada standar teknis yang terdaftar dalam SNI.

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
https://itdp.org/publication/advancing-e-buses-a-guide-to-batteries-and-charging/	Advancing E-Bus: A Guide to Battery and Charging	ITDP Global, 2025
	Report on E-Bus Charging and Operational Plan	ITDP dan UK PACT, 2021.
https://itdp-indonesia.org/publication/support-for-e-mobility-transition-in-jakarta/	Roadmap and Timetable of E-bus Deployment for Transjakarta	ITDP dan UNEP-CTCN, 2021.
https://aeee.in/our-publications/charging-indias-bus-transport/	Charging India's Bus Transport - A Guide for Planning Charging Infrastructure for Intra-city Public Bus Fleet	AEEE and SHAKTI, 2019

4. Merencanakan Elektrifikasi

Kotak 3. Definisi Istilah Utama

GVW (Gross Vehicle Weight) adalah berat maksimum kendaraan yang meliputi berat kosong kendaraan, berat pengemudi dan penumpang, berat bahan bakar/ baterai yang diangkut, berbagai aksesoris dan benda yang melekat pada kendaraan, serta barang bawaan pada kendaraan.

Power grid merupakan jaringan transmisi (penyaluran jarak jauh) listrik yang mendistribusikan listrik dari pembangkit ke pengguna.

Range anxiety merupakan rasa kekhawatiran bahwa kendaraan listrik akan kehabisan daya pada baterai di perjalanan sebelum sampai di tujuan.

Dead weight adalah berat yang dapat ditampung oleh suatu objek (dalam kasus ini adalah bus) untuk dapat beroperasi di bawah berat maksimum yang diizinkan.

Jejak lingkungan/environmental footprint adalah efek yang ditimbulkan oleh manusia, perusahaan, kegiatan, aktivitas, dan lain sebagainya terhadap lingkungan hidup (contoh: berapa banyak sumber daya alam yang digunakan, berapa banyak emisi gas berbahaya yang dihasilkan).

Kilometer kosong merupakan kilometer yang ditempuh bus ke dan dari terminal titik awal operasional menuju depo atau fasilitas pengisian daya dengan tidak membawa penumpang.

Cost optimization methodology merupakan upaya-upaya yang berfokus pada bisnis yang bertujuan untuk mengurangi biaya.

Ekonomi sirkular adalah proses ekonomi yang berkebalikan dengan ekonomi linear (di mana sebuah produk/jasa mengalami siklus: produksi, konsumsi, buang), pelaku di dalam ekonomi sirkular menjaga agar sumber daya dapat dipakai selama mungkin, menggali nilai maksimum dari penggunaan, dan meregenerasi produk dan bahan pada setiap akhir dari fase atau usia pakai dari produk/jasa.

Urban mining merupakan proses mendapatkan atau mengekstrak kembali bahan baku dari berbagai jenis produk atau barang yang telah dibuang ke tempat akhir pembuangan sampah terutama sampah yang dihasilkan oleh kota dan lingkungan urban untuk lebih mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku yang baru (sebagai contoh: mengekstrak kembali logam seperti emas, perak, dan paladium dari sampah elektronik/e-waste).

Perencanaan elektrifikasi bus masih di Indonesia masih terus berkembang. Karena itu, kerangka kerja yang akan dibahas pada bab ini dapat membuat peralihan berjalan dengan lancar.

Sebelum melakukan perencanaan elektrifikasi transportasi publik, terlebih dahulu, perlu ditentukan tujuan utama dari elektrifikasi transportasi publik yang ingin dicapai. Elektrifikasi transportasi publik dapat menjadi metode untuk mengoptimalkan penurunan GRK dan polusi udara dari sektor transportasi darat. Elektrifikasi transportasi publik juga perlu menjadi momentum untuk mereformasi layanan transportasi publik perkotaan.

Perlu diperhatikan 3 prinsip dalam perencanaan elektrifikasi—dalam hal memilih teknologi yang tepat dan model operasional yang sesuai, mengembangkan infrastruktur dan rencana operasional adalah hal-hal yang harus dilakukan untuk membuat ekosistem bus listrik yang berkelanjutan dan layak secara ekonomi: **prinsip teknis & operasional, prinsip ekonomi, dan prinsip dalam implementasi**. Hal ini akan memfasilitasi pengguna dan memenuhi kebutuhan mobilitasnya selama menggunakan transportasi publik. Dasar kebijakan yang kuat dan pengaturan kelembagaan yang jelas dengan peran dan tanggung jawab yang diidentifikasi dengan jelas adalah dasar untuk berhasilnya implementasi bus listrik.

Tujuan Utama

- Mengoptimalkan penurunan GRK (CO₂e) dan polusi udara (Nox, Sox, PM)
- Momentum untuk mereformasi layanan transportasi publik perkotaan

01 Prinsip Teknis & Operasional

- Tidak mengganggu pola operasional eksisting
- Turut mempertimbangkan kebutuhan ideal jumlah unit bus berdasarkan SPM, sebagai bagian dari peningkatan layanan transportasi publik
- Teknologi yang digunakan andal, siap diimplementasikan, namun fleksibel akan perkembangan zaman

02 Prinsip Ekonomi

- Meminimalisir biaya
- Mempertimbangkan optimasi BOK

03 Prinsip Implementasi

- Implementasi secara bertahap
- Inklusif (melibatkan pemain eksisting)

Gambar 8. Prinsip Perencanaan Elektrifikasi

Kerangka perencanaan bus listrik yang ditunjukkan pada bagian ini mencakup langkah-langkah yang dibutuhkan dalam penyelenggaraan bus listrik. Kerangka kerja pada langkah awal umumnya bersifat iteratif. Hal ini karena ukuran baterai dan kapasitasnya, rute yang dipilih berdasarkan karakteristik operasional, dan pertimbangan infrastruktur yang memiliki pengaruh pada total biaya yang dibutuhkan. Saat implikasi keuangan dipahami dengan jelas, langkah selanjutnya dari kerangka tersebut mencakup proses pengadaan dan kontrak, pemantauan dan evaluasi, dan penggantian atau pengolahan baterai.

Perencanaan dalam memilih teknologi yang tepat, model operasi yang sesuai, mengembangkan infrastruktur dan rencana operasional adalah hal-hal yang harus dilakukan untuk membuat ekosistem bus listrik yang berkelanjutan dan layak secara komersial. Kerangka perencanaan pada langkah awal umumnya bersifat iteratif.

4.1. Aspek Perencanaan Bus Listrik

Secara umum, terdapat beberapa aspek yang harus ditentukan atau dipertimbangkan dalam merencanakan bus listrik, yaitu:

1. Penetapan komitmen dan target;
2. Penentuan rencana operasional dan identifikasi risiko teknis;
3. Pemilihan teknologi;
4. Perencanaan infrastruktur dan analisis dampak jaringan listrik;
5. Pemilihan mekanisme pendanaan dan pembiayaan;
6. Pemilihan model bisnis dan model kontrak;
7. Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dan analisis biaya manfaat (*cost-benefit analysis*, "CBA");
8. Pentahapan dan perencanaan implementasi; dan
9. Monitoring dan evaluasi.

Lebih lanjut, analisis terkait *social-benefit*, aspek inklusivitas, dan pengelolaan limbah baterai perlu dilakukan dalam merencanakan elektrifikasi transportasi publik.

Tahap pertama dari kerangka kerja bus listrik akan bergantung pada evaluasi dari sistem transportasi publik eksisting di kota/wilayah tertentu. Proses elektrifikasi bus membutuhkan dibuatnya sistem transportasi publik yang baru dengan armada nol emisi, atau hanya mengganti armada pada sistem transportasi publik yang sudah ada dan menambah armada baru, jika diperlukan.

Penjelasan lebih detail untuk tiap poin perencanaan akan dibahas sebagai berikut:

Penetapan Komitmen dan Target

Langkah ini akan menetapkan target 100% untuk elektrifikasi armada transportasi publik di kota serta pentahapannya. Menetapkan komitmen merupakan hal yang harus dilakukan untuk menjamin ketersediaan sumber daya dan pendanaan yang dibutuhkan selama proses elektrifikasi.

Komitmen, pentahapan, rencana implementasi, dan target harus sejalan dengan target pemerintah tingkat nasional, seperti elektrifikasi bus dan target pengurangan emisi gas rumah kaca melalui sektor energi dan transportasi, jika pemerintah daerah sudah memiliki target tersebut. Jika belum, rencana elektrifikasi justru dapat dikaitkan pada target-target seperti Indeks Kualitas Udara, target penurunan emisi, target penurunan kasus akibat penyakit pernafasan, atau bahkan target penurunan subsidi/bus/km, mempertimbangkan contoh sukses elektrifikasi Transjakarta yang berhasil menekan kebutuhan subsidi/bus/km melalui operasional bus listrik.

Melalui penetapan komitmen dan target, harapannya, pemerintah daerah memiliki acuan mengenai kapan elektrifikasi seluruh armada transportasi publik dapat tercapai, di tahun berapa, bagaimana *milestone*

ketercapaian tersebut, serta bagaimana elektrifikasi dapat mendukung target-target lain yang saling berkaitan, misalnya kenaikan IKU, penurunan emisi GRK atau polusi udara, dan lain-lain.

Penentuan Rencana Operasional dan Identifikasi Risiko Teknis

Karakteristik operasional merupakan hal yang penting untuk sistem transportasi publik, seperti jenis layanan (BRT *trunk line*, *direct service*, angkutan pengumpan/ *feeder*), jenis armada yang akan digunakan (bus besar, bus medium, MPU), jam operasional, jumlah armada yang dioperasikan pada jam sibuk (*peak*) dan jam tidak sibuk (*off-peak*). Karakteristik rute pun juga perlu diperhatikan, seperti panjang rute, kilometer tempuh harian, kilometer kosong, waktu berhenti di terminus akhir, kecepatan operasional, frekuensi, dan waktu tempuh. Selain itu, tipe rute juga perlu diperhatikan, misalnya pada rute *looping*, bus tidak mengendap di salah satu terminus. Keluaran utama dari penentuan rencana operasional adalah jarak tempuh harian bus listrik di tiap rute dan jangkauan tempuh baterai bus listrik, yang selanjutnya akan berhubungan dengan strategi dan kebutuhan infrastruktur pengisiannya.

Untuk mengoperasikan bus listrik, beberapa hal berikut perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Menetapkan batas bawah SoC saat operasional (biasanya di 20 - 30%);
- Estimasi efisiensi baterai (kWh/km). Efisiensi energi baterai untuk tujuan perencanaan dapat menggunakan besaran berikut:

Tabel 21. Kisaran Efisiensi Energi untuk Sejumlah Model Bus Listrik

Model bus	Kapasitas baterai (kWh/km)	Efisiensi energi (kWh/km)
Bus Gandeng 18-m	450	1,8
Bus Besar 12-m	324	1,1
Bus Medium 7-m	135	0,6
MPU 4-m	42	0,24

- Memonitor jangkauan baterai secara teratur untuk mendapatkan informasi tentang degradasi baterai dan mengevaluasi rencana operasional.

Jaringan rute yang direncanakan untuk bus listrik merupakan faktor penentu utama keberhasilan pengoperasian bus listrik. Perencanaan rute membantu mengurangi *range anxiety* dengan mengoptimalkan rute operasional untuk menghemat energi dan memastikan pengemudi bus listrik dapat tetap berada dalam jangkauan stasiun pengisian daya yang tersedia dan kompatibel.

Selain itu, identifikasi risiko yang terkait dengan pengoperasian bus listrik, seperti banjir, panas ekstrem, pemadaman listrik, dan kemacetan lalu lintas juga penting untuk dilakukan. Matriks risiko terkait kemungkinan terjadinya risiko, potensi tingkat keparahan, dan manajemen risiko harus dikembangkan. Analisis terperinci tentang risiko teknis terkait elektrifikasi bus akan dibahas dalam **Bab 7: Risiko Teknis pada Elektrifikasi Bus**.

Karakteristik operasional merupakan hal yang penting untuk sebuah transportasi publik. Jaringan rute yang direncanakan untuk bus listrik merupakan faktor penentu utama keberhasilan pengoperasian bus listrik.

Pemilihan Teknologi

a. Model Bus Listrik

Pemilihan model bus listrik harus mempertimbangkan pada beberapa faktor, seperti kesiapan teknologi, ketersediaan pasar, perkiraan *demand*, kapasitas armada, kapasitas yang direncanakan untuk rute dan sistem transportasi publik secara keseluruhan—sesuai dengan spesifikasi teknis rentang operasional harian yang dibutuhkan—dan dimensi maksimum, terutama persyaratan *Gross Vehicle Weight* (GVW). Kustomisasi model bus listrik perlu dihindari untuk mengurangi kompleksitas operasi dan pemeliharaan serta efisiensi biaya.

b. Baterai

Baterai dengan bahan kimia dan densitas energi yang bervariasi akan berdampak pada kapasitas penumpang maksimum yang dapat diangkut oleh bus listrik. Baterai juga akan menentukan jangkauan operasional bus dan efisiensi energi, yang mana akan berpengaruh pada penjadwalan bus dan pemilihan rute elektrifikasi. Spesifikasi teknis, standar dan desain sangat penting untuk implementasi bus listrik. Pengalaman di berbagai kota di dunia menunjukkan bahwa penting untuk memiliki desain yang tepat dan pemahaman yang jelas terkait teknologi baterai dan sistem manajemen baterai untuk mempercepat adopsi bus listrik.

Pada sebagian besar kasus, produsen bus listrik menawarkan armada beserta baterainya. Oleh karena itu, penting untuk memahami spesifikasi baterai yang terkait dengan model bus listrik tertentu saat memilih model bus listrik, karena akan mempengaruhi operasional bus listrik.

c. Fasilitas Pengisian Daya

Implementasi bus listrik dapat berhasil jika tersedia fasilitas pengisian daya yang memadai. Sistem pengisian daya harus didasarkan pada kebutuhan operasional, seperti pemilihan strategi pengisian daya, misalnya pengisian di depo pada malam hari (*overnight charging*) dan pengisian siang hari (*opportunity charging*) dengan menggunakan teknologi pengisian cepat (*flash charging*) atau penggantian baterai (*battery swapping*).

Terdapat beberapa jenis pengisian daya yang tersedia di pasaran berdasarkan pada keluaran (*power output*) alat pengisian daya, *interfaces*, dan produsen, sehingga pemilihan fasilitas pengisian daya yang tepat bergantung pada teknologi bus dan persyaratan operasional lainnya.

Jenis pengisian daya harus sesuai untuk memenuhi kebutuhan operasional seperti waktu tersedia untuk pengisian daya, suplai energi listrik ke lokasi pengisian daya, ukuran baterai, dan jangkauan kilometer untuk operasional harian. Perencanaan infrastruktur pendukung pengisian daya yang sistematis adalah kunci dari sistem transportasi bus listrik yang reliabel. Pemilihan jenis dan kekuatan pengisi daya juga perlu dipastikan kesesuaiannya dengan material kimia pada baterai dan kapasitas yang dipilih.

Pemilihan teknologi terdiri dari pemilihan armada, baterai, dan alat pengisian daya. Perlu dipastikan bahwa teknologi yang dipilih memenuhi persyaratan dan peraturan operasional yang berlaku di Indonesia.

Perencanaan Infrastruktur dan Analisis Dampak Jaringan Listrik

Perencanaan infrastruktur yang terkait dengan pengoperasian bus listrik, seperti fasilitas pengisian daya, utilitas, koneksi ke jaringan, dan depo sangat penting untuk kelancaran implementasi sistem bus listrik. Depo harus memiliki kapasitas yang memadai untuk seluruh kegiatan yang dilakukan di depo, seperti pemeliharaan, pencucian bus, parkir bus saat tidak sedang operasional, dan pengisian ulang baterai jika aktivitas pengisian daya dilakukan di depo.

Stasiun pengisian daya dapat berlokasi di depo, terminal, terminus rute, atau di sepanjang rute. Lokasi stasiun pengisian harus meminimalkan kilometer kosong yang terkait dengan pengoperasian bus listrik dan meminimalkan biaya menghubungkan stasiun pengisian ke jaringan listrik. Lokasi fasilitas pengisian yang

tidak mempertimbangkan kedua hal tersebut akan menghasilkan kilometer kosong yang lebih tinggi yang akan mengakibatkan penambahan biaya dan berkurangnya efisiensi operasional. Oleh karena itu, penting untuk memilih lokasi pengisian yang mengoptimalkan efisiensi operasional bus listrik.

Implementasi bus listrik skala besar beserta stasiun pengisiannya akan membutuhkan beban berlebih pada jaringan listrik, oleh karena itu sangat penting untuk mempertimbangkan ketersediaan dan kapasitas jaringan listrik saat merencanakan infrastruktur pengisian daya untuk bus listrik. Lokasi gardu induk terdekat ke depo atau stasiun pengisian perlu diidentifikasi. Perkiraan permintaan daya listrik tambahan akibat elektrifikasi harus dianalisis dan dikomunikasikan dengan Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Penting untuk mengidentifikasi pemangku kepentingan mana yang akan mendirikan, memiliki, dan mengelola infrastruktur pendukung operasional bus listrik. Di Jakarta, Transjakarta memiliki depo sendiri untuk armada yang dikelola langsung oleh Transjakarta, namun operator bus besar dan bus sedang juga memiliki depo sendiri. Depo bus listrik untuk BRT berbasis listrik di Bandung Raya dan Medan Raya direncanakan dimiliki oleh pemerintah daerah. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses jika ada pergantian operator BRT. Di Pekanbaru, ITDP Indonesia merekomendasikan penggunaan depo eksisting milik pemerintah yang sebelumnya sudah digunakan sebagai depo layanan transportasi publik eksisting agar Pemerintah Kota Pekanbaru tidak perlu mencari lahan alternatif depo alternatif, sehingga membuat proses perencanaan bus listrik lebih efektif.

Perencanaan infrastruktur pengisian daya yang sistematis adalah kunci keberhasilan elektrifikasi transportasi publik.

In-depth: Perencanaan Infrastruktur Pengisian Daya

Perencanaan infrastruktur pengisian daya adalah bagian penting dalam perencanaan operasional bus listrik. Seberapa cepat baterai bus listrik dapat diisi tergantung pada spesifikasi alat pengisian daya. Beberapa faktor lain juga mempengaruhi waktu pengisian daya, seperti efisiensi alat pengisian daya dan sistem manajemen baterai yang dapat membatasi keluaran pengisi daya berdasarkan *c-rating* baterai.

Estimasi Durasi Pengisian Daya:

$$\text{total charging time (hr)} = \frac{\text{additional energy required to cover the daily km (kWh)}}{\text{charger power(kW)} \times \text{charger efficiency}}$$

Langkah pertama dalam merencanakan infrastruktur pengisian daya adalah menentukan strategi pengisian daya yang akan dipilih. Strategi pengisian daya yang umumnya digunakan dalam pengoperasian bus listrik adalah sebagai berikut.

Pengisian daya hanya di malam hari (*overnight charging*)

Pengisian daya hanya di malam hari akan menjadi preferensi utama jika jarak tempuh bus listrik yang digunakan memadai untuk melayani total kilometer tempuh harian pada rute bus listrik. Dengan demikian, baterai bus listrik dapat diisi pada malam hari di depo ketika bus listrik tidak sedang beroperasi menggunakan alat pengisi daya *plug-in* yang lebih lambat dengan jenis arus AC maupun DC. Pengisian daya tidak perlu dilakukan saat jam operasional. Keluaran pengisi daya dapat berkisar dari 80 kW - 200 kW dan tergantung pada ukuran baterai. Selain terkait kompatibilitas teknologi, pengisian daya pada malam hari perlu memperhatikan durasi yang tersedia untuk berbagai aktivitas di depo, termasuk untuk pemeliharaan, pencucian bus, dan pengisian daya.

Pengisian daya pada malam hari (*overnight charging*) dikombinasikan dengan pengisian daya pada siang hari (*opportunity charging*)

Dalam kasus ini, selain melakukan pengisian daya di depo, bus listrik dapat melakukan pengisian daya selama jam operasional di terminal maupun di halte-halte bus tertentu untuk menambah kapasitas daya yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tempuh harian di rute operasional. Kombinasi *overnight charging* di depo dan *opportunity charging* dibutuhkan apabila bus yang digunakan memiliki kapasitas baterai yang lebih kecil untuk penghematan biaya, memaksimalkan kapasitas penumpang, dan memastikan agar berat bus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Skenario yang berbeda seperti *opportunity charging* di depo di luar jam sibuk dan pengisian cepat di terminal harus dieksplorasi secara lebih mendalam, yang memperhatikan efisiensi energi dan durasi *idle* yang tersedia selama jam operasional. Aktivitas pengisian daya saat jam operasional tidak boleh mengganggu layanan operasional kepada penumpang.

***Opportunity charging* di depo:** Penjadwalan operasional bus dapat mengikuti pola 40-60% di mana hanya 60% bus yang beroperasi selama jam sibuk, seperti yang sudah diimplementasikan pada layanan Transjakarta, karena terdapat perbedaan *headway* pada jam sibuk dan di luar jam sibuk. 40% bus yang tidak beroperasi dapat diisi dayanya di luar jam sibuk. Analisis *timetabling* dibutuhkan untuk menentukan penjadwalan aktivitas pengisian daya dengan tetap menyediakan 60% bus pada jam nonsibuk. Dengan jumlah bus yang sama, akan sulit untuk melakukan *opportunity charging* jika tidak terdapat perbedaan *headway* antara jam sibuk dan nonsibuk, dengan *idle time* pada terminus yang cukup pendek/ terbatas.

Pengisian cepat (*fast-charging*) di terminus: Ketika penjadwalan operasional bus tidak dapat mengakomodasi pengisian tengah hari di depo, maka strategi pengisian cepat dengan menggunakan pengisi daya *plug-in* atau pantograf. Pengisian daya tambahan selama jam operasional dapat dilakukan dalam waktu yang cukup singkat tanpa mengganggu jalannya layanan bus (biasanya menggunakan alat pengisian daya dengan *power output* yang lebih tinggi). Pengisian daya baterai secara penuh dilakukan pada tetap malam hari di depo.

Secara umum, strategi pengisian daya hanya di malam hari dapat digunakan apabila jarak tempuh dari bus listrik mencukupi kilometer tempuh harian yang telah ditentukan. Jika jarak tempuh baterai tidak mencukupi, maka opsi pengisian daya tambahan seperti *opportunity charging* di depo atau pengisian daya cepat di terminal dapat dikombinasikan sebagai alternatif. Pemilihan strategi pengisian yang tepat dapat ditentukan berdasarkan pertimbangan biaya, ketersediaan lahan, serta kapasitas jaringan listrik yang tersedia.

Pemilihan Mekanisme Pendanaan dan Pembiayaan

Penting untuk mengidentifikasi dengan jelas sumber dana untuk pelaksanaan program elektrifikasi transportasi publik. Sumber pendanaan elektrifikasi dapat diperoleh dari pemerintah pusat, anggaran pemerintah daerah, pinjaman dari bank komersial atau bank pembangunan bilateral dan multilateral, atau sumber alternatif lainnya dan instrumen pembiayaan, seperti obligasi dan reksa dana, yang secara perundang-undangan dapat digunakan.

Sarana dan prasarana yang diperlukan untuk membangun sistem bus listrik dapat dibiayai dari berbagai sumber. Dalam kasus BRT di Medan Raya dan Bandung Raya, penyediaan infrastruktur dilakukan dengan pinjaman dari Bank Dunia, sedangkan pembelian armada dan biaya operasional akan ditanggung oleh pemerintah daerah.

Mekanisme pembiayaan memiliki keterkaitan yang kuat dengan model kontrak yang terpilih. Pada kasus Jakarta, dengan skema kontrak saat ini, operator Transjakarta perlu menyediakan semua aset terkait yang diperlukan, seperti armada, infrastruktur pengisian daya, dan depo. Operator biasanya mendapatkan pinjaman dari bank komersial lokal dengan *debt-to-equity ratio* sekitar 65:35.

Melalui studi UK PACT, sejumlah alternatif skema pendanaan mekanisme pembiayaan disusun untuk elektrifikasi Transjakarta, beberapa lembaga nasional maupun internasional tertarik untuk mendukung

pembiayaan elektrifikasi Transjakarta, yaitu, *Export Credit Agencies* (ECA), bank pembangunan, sekuritas, dan lembaga jasa keuangan lainnya.

Sumber pendanaan elektrifikasi dapat diperoleh dari nasional maupun anggaran pemerintah daerah, pinjaman dari bank komersial atau bank pembangunan, atau sumber alternatif lainnya dan instrumen investasi dan pembiayaan, seperti obligasi dan reksa dana. Mekanisme pembiayaan memiliki keterkaitan yang kuat dengan kerangka kontraktual yang dipilih.

Pemilihan Model Bisnis dan Model Kontrak

Biasanya, model bisnis untuk mengoperasikan layanan transportasi berbasis jalan dikategorikan ke dalam dua jenis: kepemilikan kendaraan sendiri dan yang pembelian layanan dengan kontrak “*Buy The Services*” (BTS) atau *Gross Cost Contract* (GCC).

Model bisnis bus listrik akan menentukan pihak yang akan membiayai, menyediakan, memiliki, dan mengelola aset yang terkait dengan pengoperasian bus listrik. Karena beberapa opsi pengaturan aset, model bisnis yang dipilih akan membutuhkan kontrak yang perlu dilakukan antara masing-masing pemangku kepentingan.

Pemilihan model bisnis harus mempertimbangkan biaya siklus hidup dan efektivitas BOK/km. Selain itu, pengetahuan dan kapasitas keuangan pemangku kepentingan (misalnya, otoritas transportasi publik, operator, OEM), serta alokasi dan manajemen risiko juga harus dipertimbangkan. Pemilihan model bisnis juga harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Selain itu, perbedaan model bisnis akan memberikan aliran pendapatan dan perbedaan biaya yang perlu dialokasikan oleh pemangku kepentingan yang terlibat dalam elektrifikasi.

Pemilihan model bisnis akan menghasilkan aliran pendapatan dan perbedaan biaya yang perlu dialokasikan oleh pemangku kepentingan yang terlibat dalam elektrifikasi.

Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dan Analisis Biaya Manfaat (*Cost-Benefit*)

Perhitungan komprehensif mengenai investasi modal, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan harus dilakukan untuk mengimplementasikan bus listrik secara efisien. Jika operator dibayar berdasarkan kilometer tempuh, analisis BOK/km adalah salah satu analisis yang dapat dilakukan untuk menentukan teknologi dan model operasional yang paling hemat biaya. Hasil analisis keuangan akan tergantung pada mekanisme pembiayaan, model bisnis, dan kerangka kontraktual yang diterapkan.

Selain itu, Analisis Biaya-Manfaat atau *Cost-Benefit Analysis* (CBA) harus dilakukan untuk mengetahui manfaat kuantitatif yang dapat dihasilkan dari elektrifikasi, dibandingkan dengan biayanya. Rasio Manfaat-Biaya atau *Cost-Benefit Ratio* (BCR) biasanya menjadi parameter untuk menentukan apakah elektrifikasi dapat dianggap sebagai investasi yang baik atau tidak. Sebagai catatan, hasil analisis CBA elektrifikasi transportasi publik tidak selalu menunjukkan hasil yang baik. Sejumlah alternatif dapat dilakukan untuk membuat program elektrifikasi transportasi publik menjadi lebih layak, misalnya dengan melakukan iterasi terhadap pentahapan bus listrik, atau memiliki teknologi bus listrik dan strategi pengisian daya yang lebih *cost effective*. **Metodologi pengoptimalan biaya (*cost optimization methodology*)** dapat diterapkan untuk menerapkan bus listrik secara efektif ke dalam operasi.

Perhitungan komprehensif investasi modal, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan dan metodologi optimalisasi biaya harus dilakukan untuk mengoperasikan bus listrik secara efisien.

Monitoring dan Evaluasi

Perbaikan dan pemeliharaan bus listrik membutuhkan keahlian yang sangat berbeda dibandingkan dengan bus konvensional, meskipun terdapat pengurangan jumlah *moving parts* yang menyebabkan biaya perbaikan dan pemeliharaan bus listrik yang relatif rendah dibandingkan bus konvensional.

Praktik pemeliharaan, pengembangan kerangka monitoring dan evaluasi terkait performa bus listrik akan menginformasikan setiap penyesuaian yang harus dilakukan pada rencana operasional jika terdapat perubahan performa bus listrik maupun baterai.

Kesehatan baterai merupakan hal yang kompleks. Perencanaan terkait monitoring efisiensi dan pengecekan kesehatan baterai akan membantu memperkirakan degradasi baterai, mengidentifikasi anomali pada performa baterai, mengelola klaim garansi, dan merencanakan kemampuan layanan di masa depan.

Perbaikan dan pemeliharaan bus listrik membutuhkan keahlian yang sangat berbeda dibandingkan dengan bus konvensional.

Manajemen Limbah Baterai

Untuk ekosistem bus listrik berbasis baterai yang berkelanjutan dan hemat sumber daya, sangatlah penting untuk mengembangkan strategi ekonomi sirkular yang kuat terkait implementasi bus listrik, yang mencakup penggunaan ulang dan daur ulang baterai di akhir masa pakainya. Untuk itu, diperlukan kebutuhan untuk merancang kebijakan yang kuat terkait daur ulang baterai, termasuk peraturan dan standar dengan pedoman pelaksanaan yang efektif.

Pemulihan bahan baku penting melalui daur ulang/*urban mining* akan membantu untuk mengurangi ketergantungan impor bahan baku di masa depan, juga strategi ekonomi sirkular akan membantu meningkatkan jejak lingkungan baterai bus listrik.

4.2. Peran dan Tanggung Jawab Pemangku Kepentingan dalam Proses Perencanaan Bus Listrik

Memahami peran dan tanggung jawab berbagai pemangku kepentingan pada program elektrifikasi sangat penting untuk keberhasilan adopsi bus listrik. **Tabel 22.** menunjukkan identifikasi pemangku kepentingan utama dan perannya berdasarkan studi implementasi bus listrik di Jakarta, Bandung Raya, dan Medan Raya.

Tabel 22. Peran dan Tanggung Jawab Pemangku Kepentingan

Pemangku Kepentingan	Peran dan Tanggung Jawab Secara Umum	Peran dan Tanggung Jawab di Kasus Spesifik Jakarta	Peran dan Tanggung Jawab di Kasus Spesifik Bandung Raya dan Medan Raya
Kementerian Perhubungan	Menetapkan target elektrifikasi bus untuk kota-kota di Indonesia, mengembangkan spesifikasi teknis armada bus, mengeluarkan sertifikat uji kendaraan, mengembangkan standar teknis untuk konversi bus konvensional menjadi bus listrik.	-	Memilih kota prioritas untuk mengembangkan sistem BRT listrik, memfasilitasi pinjaman dari bank untuk pemerintah daerah, mengimplementasikan program <i>Buy The Service</i> (BTS) Teman Bus untuk mempercepat implementasi transportasi publik di wilayah metropolitan.
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral	Mengatur fasilitas pengisian daya standar, menetapkan tarif listrik.	-	-

Pemangku Kepentingan	Peran dan Tanggung Jawab Secara Umum	Peran dan Tanggung Jawab di Kasus Spesifik Jakarta	Peran dan Tanggung Jawab di Kasus Spesifik Bandung Raya dan Medan Raya
Dinas Perhubungan	Menerbitkan perizinan operasional transportasi publik kepada operator, menentukan kebutuhan subsidi untuk transportasi publik.	Menerbitkan izin operasional untuk model dan operator bus listrik, secara teratur memantau dan mengevaluasi kinerja bus listrik Transjakarta, evaluasi subsidi tahunan yang dibutuhkan, mengeluarkan target bus listrik, dan mengembangkan spesifikasi teknis armada bus listrik.	Menerbitkan izin untuk rute transportasi publik dalam kawasan, mengatur dan mengoperasikan transportasi publik berbasis jalan, berkoordinasi dengan OEM/APM terkait uji coba model-model bus listrik.
Otoritas Transportasi Publik (<i>Public Transport Authority/ PTA</i>)	Merencanakan, mengatur, mengkoordinasikan, dan mengawasi layanan transportasi publik.	Mengatur operasi dari bus listrik, kontrak dengan pembayaran biaya/km ke operator bus, analisis kinerja operasional dari bus listrik, mengembangkan rencana operasional bus listrik, memantau dan mengevaluasi secara berkala kinerja operasional bus listrik, dan mengeksplorasi alternatif pembiayaan mekanisme bus listrik.	-
Operator Transportasi Publik	Mengoperasikan armada dan menyediakan layanan transportasi publik kepada penumpang.	Mengoperasikan bus listrik, menawarkan layanan ke Transjakarta dengan memilih model bus listrik, menyiapkan fasilitas tambahan yang diperlukan di depo, analisis kinerja operasional bus listrik, berkolaborasi dengan penyedia infrastruktur pengisian daya untuk membangun fasilitas pengisian di depo.	Kontrak dengan pemerintah kota (melalui BLU/BLU-UPTD/BUMD) untuk mengoperasikan layanan transportasi publik.
Perusahaan Listrik Negara (PLN)	Memastikan kapasitas pasokan listrik untuk infrastruktur pengisian daya, berkoordinasi lebih detail dengan PTA atau operator dalam menentukan tarif listrik dan biaya infrastruktur pengisian daya.	Berkoordinasi dengan operator dalam memastikan kapasitas pasokan listrik untuk infrastruktur pengisian daya.	Berkoordinasi dengan operator dalam memastikan kapasitas pasokan listrik untuk infrastruktur pengisian daya.
Produsen (OEM) atau Agen Pemegang Merk (APM) bus listrik	Menyediakan model bus listrik dan menyediakan layanan pemeliharaan kepada operator, menyediakan model bus listrik untuk uji coba di tingkat daerah.	Berkolaborasi dengan operator transportasi publik untuk menyediakan bus listrik yang dibutuhkan sesuai dengan spesifikasi teknis, dan memberikan layanan pemeliharaan kepada operator.	Berkolaborasi dengan operator transportasi publik untuk menyediakan armada yang dibutuhkan.

Pemangku Kepentingan	Peran dan Tanggung Jawab Secara Umum	Peran dan Tanggung Jawab di Kasus Spesifik Jakarta	Peran dan Tanggung Jawab di Kasus Spesifik Bandung Raya dan Medan Raya
Penyedia Infrastruktur Pengisian Daya	Menyediakan infrastruktur pengisian daya untuk menjalankan bus listrik.	Membuat kontrak dengan operator transportasi publik untuk menyediakan infrastruktur pengisian daya di depo.	Membuat kontrak dengan operator transportasi publik untuk menyediakan infrastruktur pengisian daya di terminal.
Bank Lokal Komersial	Memberikan pinjaman kepada operator untuk pengadaan armada transportasi publik dan aset lain yang dibutuhkan untuk mengoperasikan bus listrik.	-	-

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
https://itdp-indonesia.org/publication/support-for-e-mobility-transition-in-jakarta/	Roadmap and Timetable of E-bus Deployment for Transjakarta	ITDP dan UNEP-CTCN, 2021.
https://aeee.in/our-publications/charging-indias-bus-transport/	Charging India's Bus Transport - A Guide for Planning Charging Infrastructure for Intra-city Public Bus Fleet	AEEE and SHAKTI, 2019

5. Perencanaan Operasional dan Pemeliharaan Teknologi Ekosistem Bus Listrik

Kotak 4. Definisi Istilah Utama

Driver input (throttle) yaitu pedal akselerator - pedal yang dioperasikan oleh kaki seorang pengemudi kendaraan untuk mengatur jumlah keluaran tenaga yang disalurkan ke roda.

Ancillary infrastructure adalah infrastruktur yang dibutuhkan untuk memastikan berfungsi dengan layaknya suatu sarana/fasilitas.

Powertrain merupakan susunan komponen yang menghasilkan, mengkonversi, dan mengonsumsi energi agar sebuah kendaraan dapat bergerak.

PDU input/output (Power Distribution Unit) adalah alat yang berfungsi seperti 'kotak sekering' utama pada bus listrik. PDU menerima daya listrik tegangan tinggi dari baterai (input), lalu mendistribusikannya secara aman ke berbagai komponen utama seperti motor traksi, kompresor AC, dan sistem kemudi, serta ke sistem tegangan rendah (output).

Gearbox adalah komponen dalam kendaraan yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari mesin (sumber tenaga) ke roda.

Motor traksi yaitu motor listrik yang digunakan untuk menggerakkan sebuah kendaraan.

Differential merupakan bagian dari as roda belakang sebuah kendaraan roda empat yang memungkinkan masing-masing roda belakang untuk berputar dengan kecepatan yang berbeda (semisal: saat berjalan di tikungan, roda yang berada pada sisi luar badan jalan harus berputar lebih cepat dibandingkan roda yang berada pada sisi dalam badan jalan).

Adopsi bus listrik oleh operator transportasi publik membutuhkan perencanaan yang cermat di berbagai tahap. Operator akan menghadapi tantangan dalam mengoperasikan bus listrik karena keterbatasan jarak tempuh dan persyaratan pengisian daya. Operator perlu memahami karakteristik kinerja bus listrik dan persyaratan yang mempengaruhi operasional rute dan koneksi antarrute, untuk memilih ukuran baterai dan strategi pengisian daya yang tepat. Operator juga harus memahami spesifikasi teknis pengisian daya dan dampak yang ditimbulkan terhadap jaringan listrik untuk membuat pilihan yang lebih baik demi mencapai biaya operasional yang serendah mungkin.

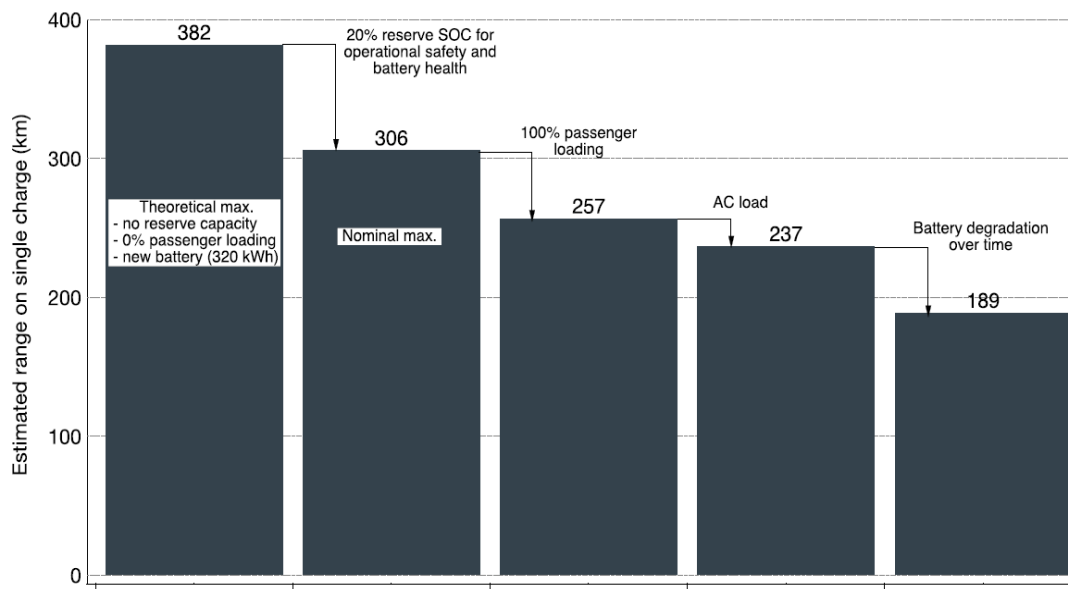
5.1 Perbedaan Operasional Utama antara Bus Listrik dan Bus Konvensional

- **Pengisian Daya vs Pengisian Bahan Bakar:** Perbedaan utama antara bus konvensional dan bus listrik adalah pengisian bahan bakar dan pengisian ulang daya. Bus konvensional mengisi bahan bakar bensin, diesel, atau CNG pada stasiun pengisian bahan bakar umum, sedangkan bus listrik membutuhkan infrastruktur pengisian daya untuk memenuhi kebutuhan energi. Pemilihan lokasi dan teknologi yang dipakai di stasiun pengisian daya sangat berpengaruh pada pengoperasian bus listrik. Oleh karena itu, strategi pengisian daya pada bus listrik perlu direncanakan sebagai bagian dari rencana operasional.

Selain itu, waktu yang dibutuhkan untuk mengisi ulang bahan bakar di bus diesel hanya sekitar lima hingga sepuluh menit. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi energi yang dihabiskan dalam baterai bus listrik berkisar di 30 menit untuk pengisian cepat, dan 3-4 jam untuk pengisian lambat. Sampai saat ini, jumlah infrastruktur pengisian daya yang tersedia untuk bus listrik masih jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah pompa bensin, dan umumnya bersifat *privately owned* oleh operator transportasi publik yang telah mengoperasikan bus listrik, bukan fasilitas umum sebagaimana stasiun pengisian bahan bakar untuk bus konvensional.

- **Jarak Tempuh:** Bus konvensional memiliki kapasitas tangki bahan bakar sebesar 300-600 liter dan dengan konsumsi standar, bus akan dapat menempuh jarak 400-1000 km dalam sekali isi bahan bakar. Pada bus listrik, jarak tempuh ditentukan oleh kapasitas baterai. Selain itu, konsumsi daya bus listrik (kWh/km), penggunaan AC, pemuatan penumpang, topografi rute, perilaku mengemudi, dan suhu sekitar juga turut mempengaruhi konsumsi energi pada baterai, dan berdampak pada jarak tempuh dari bus listrik.

Jangkauan bus listrik ditentukan oleh kapasitas baterai. Secara teori, kapasitas yang dapat digunakan dari baterai selalu lebih kecil dari kapasitas yang tertera pada spesifikasi baterai.



Gambar 9. Estimasi Pengurangan Jarak Tempuh Bus Listrik Setelah Mempertimbangkan Faktor Pengurang Jarak Tempuh Sumber: Studi ICCT³⁴

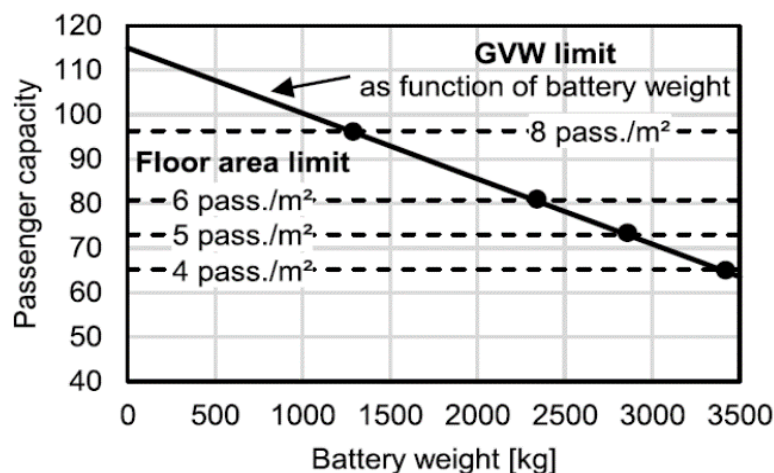
- **Penjadwalan Operasional:** Menyusun penjadwalan operasional bus listrik tidak sesederhana menyusun penjadwalan operasional bus diesel. Perlu perencanaan yang cermat untuk mengakomodasi penjadwalan pengisian daya berdasarkan strategi yang tepat dan mempertahankan tingkat minimum SoC untuk menjaga kesehatan baterai dan menghindari *range anxiety*.

Sebagian besar OEM merekomendasikan untuk mempertahankan agar SoC minimal setidaknya berada di rentang 10-20%. Hal ini akan memberikan fleksibilitas dalam operasi dan dapat menghindari *range anxiety* karena keadaan yang tidak terduga. Selain itu juga menghindari agar baterai tidak mengalami kondisi *discharge* yang mendalam dan membantu menjaga kesehatan baterai.

- **Penurunan Kualitas Baterai:** Baterai Li-ion mengalami penurunan kualitas akibat siklus pengisian daya secara berulang. Sehingga berdampak pada pengurangan kapasitas baterai secara berkala selama masa penggunaannya. Untuk bus listrik, **tidak direkomendasikan untuk menggunakan baterai setelah kapasitasnya turun menjadi 80%, yang biasanya terjadi setelah pemakaian selama 8 tahun** dan dianggap sudah mencapai akhir masa pakainya. Perencanaan operasional bus listrik harus mempertimbangkan faktor degradasi baterai dan pengurangan kapasitas terkait untuk membuat keputusan mengenai operasional yang tepat seperti realokasi bus ke rute-rute yang lebih pendek di usia pakai yang sudah lebih lanjut.
- **Kapasitas Penumpang:** Kapasitas penumpang bus listrik umumnya lebih rendah dari model bus diesel yang setara. Karena terdapat berat dari baterai, maka kapasitas penumpang harus memperhatikan peraturan mengenai GVW (Gross Vehicle Weight) yang berlaku. Hal tersebut harus dipertimbangkan dalam proses perencanaan, untuk menentukan jumlah total bus listrik yang

³⁴ ICCT (2021). Strategies for deploying zero-emission bus fleets: Route-level energy consumption and driving range analysis. Diakses dari <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/Deploying-zero-emission-bus-fleets-jun2021.pdf>

diperlukan dalam memenuhi permintaan pada rute tertentu. **Gambar 6** menunjukkan hubungan antara GVW dan berat baterai untuk bus berukuran 12 meter.



Gambar 10. Kapasitas Penumpang Bus Besar 12 meter Berbanding dengan GVW sebagai Fungsi dari Berat Baterai³⁵

- Kilometer Kosong:** Kilometer kosong adalah kilometer yang ditempuh bus ke dan dari terminal titik awal operasional menuju depo atau fasilitas pengisian daya tanpa mengangkut penumpang. Kilometer kosong yang berlebih akan memberikan dampak pada bus listrik karena jarak tempuh dalam sekali pengisian daya menjadi berkurang. Dalam mengkaji kilometer kosong, waktu dan energi yang hilang dalam perjalanan harus diperhitungkan, karena akan berdampak pada strategi pengisian daya. Oleh karena itu, dampak kilometer kosong harus dianalisis dalam menentukan ukuran baterai yang tepat, strategi pengisian daya, lokasi pengisian dan pengembangan penjadwalan pengisian serta aspek operasional lainnya.

Kapasitas penumpang bus listrik berpotensi lebih rendah dari model bus konvensional dengan dimensi yang sama, karena berat baterai yang relatif tinggi.

Setelah mengetahui perbedaan pengoperasian bus listrik dan bus konvensional, pengoperasian sistem bus listrik dapat direncanakan dengan baik. Item perencanaan operasional yang ditunjukkan di bagian selanjutnya akan membantu kota-kota untuk merencanakan pengoperasian bus listrik.

5.2. Bagan Alur Operasional

1. Pengumpulan Data dan Informasi Teknis

Rencana operasional bus listrik yang komprehensif harus didukung oleh beberapa data teknis, seperti:

- Karakteristik Rute** - termasuk kilometer harian (km operasional dan km tempuh kosong), jumlah bus tiap rute, jenis armada yang digunakan, topologi rute, jumlah perjalanan (ritase), frekuensi bus pada rute tersebut, kecepatan rata-rata, dan waktu siklus (termasuk waktu pengendapan).
 - Penting untuk memasukkan penambahan armada yang diproyeksikan dan rencana jaringan transportasi publik ke depannya, seperti modifikasi rute dan ekspansi jaringan. Karena perencanaan elektrifikasi seringkali berlangsung selama beberapa tahun, maka dengan menggabungkan proyeksi rencana penambahan

³⁵ Göhlich, D., Fay, T., Jefferies, D., Lauth, E., Kunitz, A., & Zhang, X. (2018). Design of urban electric bus systems. Design Science, 4, E15. doi:10.1017/dsj.2018.10

armada berdasarkan rencana yang ada akan meningkatkan keakuratan dan keefektifan rencana elektrifikasi tersebut.

- **Karakteristik Operasional** - Berbeda dengan karakteristik rute, karakteristik operasional mencakup seluruh moda transportasi publik yang akan dielektrifikasi, seperti waktu awal dan akhir jam operasional, jam sibuk dan jam tidak sibuk, dan skenario pengurangan jumlah armada yang beroperasi di jam tidak sibuk.
- **Lokasi Depo dan Terminus** - Karena jarak tempuh harian sangat mempengaruhi layanan bus listrik, lokasi depo dan terminal sangat penting untuk mengembangkan rencana operasional dari bus listrik. Penentuan lokasi depo dan terminal penting untuk dilakukan secara akurat untuk memperkirakan kilometer kosong rute dari masing-masing depo dengan dan jarak antara depo itu sendiri ke terminal. Sangat direkomendasikan untuk memiliki depo dan lokasi pengisian daya yang dekat dengan koridor BRT atau rute transportasi publik.

Rencana operasional bus listrik yang komprehensif harus didukung oleh beberapa data operasional, seperti karakteristik rute, karakteristik operasional, serta lokasi depo dan terminus.

2. Jenis Armada dan Opsi Layanan

Saat merencanakan peta jalan elektrifikasi pada studi UK PACT (2022), Transjakarta sudah memiliki sekitar 250 rute yang beroperasi dengan 8 jenis layanan, dan menggunakan 8 jenis armada.

Perencanaan pengoperasian bus listrik melibatkan beberapa langkah krusial, salah satunya adalah pemilihan jenis armada dan layanan. Langkah ini biasanya dilakukan setelah pengumpulan dan mobilisasi data operasional, dan penting untuk dilakukan untuk memastikan berjalannya layanan bus listrik yang efisien dan efektif. Pemilihan jenis armada dan layanan berkaitan erat dengan pemilihan teknologi, seperti bus, baterai, dan infrastruktur pengisian daya, dan harus mempertimbangkan tujuan lain, seperti membuat demonstrasi program elektrifikasi.

Pemilihan jenis armada melibatkan pemilihan dari berbagai ukuran bus, termasuk bus besar, bus sedang, bus kecil, atau jenis armada lainnya yang sesuai untuk layanan dan kondisi tertentu. Pemilihan layanan melibatkan penentuan jenis layanan yang akan disediakan, seperti jalur *trunk Bus Rapid Transit* (BRT), layanan langsung, atau layanan pengumpan. Keputusan tentang jenis armada dan layanan harus memastikan pula kesiapan teknologi, karena akan membantu memastikan agar kebutuhan operasional bus listrik terpenuhi.

Selain itu, pemilihan jenis armada dan layanan juga harus sesuai dengan tujuan implementasi bus listrik pada tahap tertentu. Misalnya, jika di tahap awal/pilot implementasi bus listrik bertujuan untuk mendemonstrasikan manfaat elektrifikasi dan teknologi bus listrik, maka pemilihan armada dan layanan harus dirancang untuk menunjukkan manfaat bus listrik kepada masyarakat luas, misalnya dengan memilih rute dengan *demand* layanan tertinggi.

Secara singkat, pemilihan jenis armada dan layanan yang tepat sangat penting untuk memastikan keberhasilan pengoperasian bus listrik, dan harus dilakukan dengan mempertimbangkan kesiapan teknologi, kebutuhan operasional, dan kebutuhan dan tujuan elektrifikasi.

Pemilihan jenis armada dan layanan operasional bus listrik harus mempertimbangkan kesiapan teknologi, kebutuhan operasional, dan tujuan elektrifikasi.

3. Pemilihan Rute

Penting untuk menyiapkan kerangka kerja saat memilih rute elektrifikasi. Rute yang akan dipilih dapat dianalisis dari rute eksisting pada jaringan transportasi publik yang telah beroperasi, maupun

dari rute yang telah direncanakan, namun belum diimplementasikan. Jika rute jaringan transportasi publik belum ada, analisis komprehensif tentang perencanaan transportasi harus dilakukan untuk menentukan jaringan transportasi publik termasuk jenis layanannya (jalur utama BRT, layanan non-BRT (termasuk rute *trunk* pada layanan transportasi publik untuk kota yang belum memiliki sistem BRT), layanan langsung/*direct services*, atau pengumpan/*feeder*).

Pemeringkatan rute dapat dikembangkan untuk memilih rute yang paling cocok dielektrifikasi terlebih dahulu. Analisis peringkat rute terdiri dari peringkat pengembangan untuk rute yang ada atau yang direncanakan berdasarkan beberapa kriteria dan memilih rute dengan peringkat lebih tinggi yang sesuai dengan jumlah armada yang akan dielektrifikasi, yang mempertimbangkan ketersediaan data untuk melakukan pemeringkatan. Umumnya, pemeringkatan dapat dilakukan dengan mempertimbangkan dua tinjauan utama, yaitu **tinjauan umum terkait kelayakan rute** dan **tinjauan kelayakan teknis elektrifikasi transportasi publik**. Beberapa kriteria yang dapat ditinjau adalah:

a. Efektivitas Biaya

Perbandingan **BOK/km per rute** dapat dilakukan untuk menentukan efektivitas biaya dari implementasi bus listrik setiap rute. Jika efektivitas biaya menjadi salah satu hal yang dapat dipertimbangkan dan datanya tersedia, semakin rendah BOK/km suatu rute, semakin tinggi peringkatnya. Namun, jika biaya tidak menjadi masalah, rute yang membutuhkan biaya operasional tinggi karena konsumsi bahan bakar dan pemeliharaan dapat mendapatkan keuntungan lebih dari penghematan biaya. Memprioritaskan rute elektrifikasi dapat menghasilkan pengembalian investasi yang lebih cepat. Selain menggunakan parameter BOK/km, efektivitas biaya juga dapat ditentukan dengan menggunakan parameter **kebutuhan subsidi/km tiap rute**.

b. Strategi Pengisian Daya

Strategi pengisian daya berkaitan erat dengan jarak tempuh harian. Dengan jenis armada yang sama, rute dengan jarak tempuh harian yang lebih rendah memiliki peluang lebih tinggi untuk hanya membutuhkan pengisian semalam di luar jam operasional (*overnight charging*) di depo, sementara rute dengan jarak tempuh harian yang lebih tinggi juga akan membutuhkan pengisian daya di jam operasional hari (*opportunity charging*). Hal ini akan berpengaruh pada jumlah fasilitas pengisian daya yang perlu dibangun, dan mempengaruhi biaya tambahan pada tahap awal dan kompleksitas untuk elektrifikasi. Penting pula untuk memasukkan kilometer kosong sebagai bagian dari total jarak tempuh harian.

Untuk menentukan jenis pengisian daya yang diperlukan, beberapa informasi perlu diasumsikan atau diperkirakan, seperti:

- a. Ambang batas *state of charge* (SoC) armada;
- b. Efek beban penumpang 100% dan penggunaan pendingin udara; dan
- c. Asumsi degradasi baterai dari waktu ke waktu.

Namun, jika biaya dan kompleksitas membangun *opportunity charging* tidak menjadi masalah, rute dengan jarak tempuh harian yang lebih tinggi dapat diprioritaskan terlebih dahulu karena cenderung mengonsumsi lebih banyak bahan bakar dan memiliki emisi yang lebih tinggi, sehingga transisi ke bus listrik dapat menghasilkan manfaat lingkungan yang lebih tinggi.

c. Jumlah Penumpang

Elektrifikasi transportasi publik yang dimulai dari rute dengan jumlah penumpang yang lebih tinggi akan meningkatkan keunggulan bus listrik, karena lebih banyak orang yang akan merasakan manfaat langsung dari bus listrik seperti polusi suara yang rendah dan tidak menghasilkan emisi gas buang kendaraan.

Jika data jumlah penumpang di tiap rute tidak lengkap atau tidak tersedia, **manfaat dan visibilitas rute** bisa menjadi parameter alternatif untuk mengubah rute operasional. Rute yang melewati pusat kota atau jalur-jalur yang beroperasi pada lokasi/jalan yang menerapkan pembatasan lalu lintas berpotensi memiliki manfaat dan visibilitas yang lebih tinggi untuk didemonstrasikan kepada masyarakat, terutama penumpang.

d. Jumlah Armada

Jumlah bus di setiap rute dapat memberikan gambaran tentang dampak elektrifikasi pada rute tersebut. Rute dengan lebih banyak bus listrik akan memiliki peluang lebih besar dalam pengurangan emisi dan peningkatan kualitas udara.

Pemeringkatan rute dapat dibuat untuk memilih rute yang paling sesuai untuk dielektrifikasi terlebih dahulu, berdasarkan beberapa kriteria, seperti efektivitas biaya, strategi pengisian daya, jumlah penumpang, dan jumlah armada; yang menggambarkan tinjauan terkait kelayakan umum implementasi rute dan tinjauan terkait kelayakan teknis elektrifikasi rute.

4. Pemilihan Lokasi Pengisian Daya

Kegiatan pengisian daya dapat dilakukan di depo, terminus rute (*off-street* seperti terminal maupun *on-street*), atau fasilitas pengisian tambahan yang dipasang di halte-halte bus. Penting untuk menginventarisasi terminal, terminus, dan titik-titik pengendapan bus pada rute eksisting maupun potensi pengendapan bus pada rute rencana, untuk mengidentifikasi kepemilikan tanah dan asumsi awal ketersediaan lokasi untuk membangun infrastruktur pengisian daya. Berdasarkan studi ITDP - UK PACT tentang elektrifikasi Transjakarta, beberapa lokasi yang berpotensi menjadi fasilitas pengisian daya yang telah diidentifikasi, seperti:

1. Depo milik Transjakarta
2. Depo milik operator swasta
3. Terminal³⁶
4. Halte BRT
5. Pengendapan *off-street* selain terminal
6. Pengendapan di jalan raya³⁷

Dalam pemilihan lokasi pengisian bus listrik, terdapat beberapa prinsip yang digunakan, yaitu seperti:

- Meminimalisir biaya pembebasan lahan;
- Meminimalisir kilometer tempuh harian untuk rute yang telah dielektrifikasi;
- Ruang yang cukup dan tersedia untuk bus listrik untuk mengisi daya dan bermanuver;
- Lokasi pengisian yang terletak di dekat gardu induk dengan kapasitas yang cukup (kapasitas gardu induk yang lebih besar lebih disarankan);
- Jarak yang pendek ke gardu induk terdekat untuk menghindari biaya sambungan jaringan yang lebih tinggi;
- Aspek keselamatan; dan
- Lokasi pengisian harus tersebar sampai batas tertentu untuk meminimalkan kilometer kosong, tetapi tidak boleh menyebar terlalu banyak untuk meminimalkan biaya tenaga kerja.

³⁶ Di Jakarta, Terminal Tipe A (melayani rute antar kota) dan Terminal Tipe B (hanya melayani rute dalam kota) dikelola oleh Dinas Perhubungan DKI Jakarta. Namun di provinsi lain, Tipe A dikelola oleh Kementerian Perhubungan dan Tipe B dikelola oleh pemerintah daerah.

³⁷ Dalam kasus elektrifikasi MPU Transjakarta, area pengendapan di jalan raya dibagi menjadi dua: short on-street, dan kasus khusus long on-street di kawasan Tanah Abang, karena Tanah Abang memiliki ruas jalan yang cukup panjang yang dikhususkan untuk singgah bus kecil.

Studi ITDP, ICCT, dan Bank Dunia tentang Elektrifikasi BRT di Medan Raya dan Bandung Raya memprioritaskan rute dengan strategi pengisian daya semalam di depo (*overnight charging*). Untuk rute yang membutuhkan pengisian daya tambahan pada siang hari (*opportunity charging*), lokasi terminal yang dekat dengan koridor BRT dan rute layanan dipilih untuk meminimalkan kilometer kosong. Jika terminal tidak mencukupi, fasilitas pengisian tambahan dapat dibuat dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip di atas.

Berdasarkan studi tersebut, lokasi depo BRT listrik di Medan Raya dan Bandung Raya direkomendasikan untuk dibangun pada lahan pemerintah yang dekat dengan koridor BRT. Solusi ini dapat menghemat biaya karena mengurangi kilometer kosong. Selain itu, hal ini juga akan memudahkan manajemen depo jika terdapat perubahan rencana operator BRT di masa depan.

Matriks dalam menentukan kesiapan lokasi pengisian daya dan rinciannya adalah sebagai berikut.

Tabel 23. Matriks Kesiapan Lokasi Pengisian Daya Bus Listrik

Kriteria	Prioritasi				Metode Penentuan
	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Sangat Rendah	
Peruntukan lahan	Depo eksisting	Terminal/ subterminal	Lahan lain, <i>off-street</i>	<i>On-street</i>	Konfirmasi stakeholder/cek pada layanan BHUMI ATR/BPN
Kepemilikan lahan	Milik operator eksisting/pemda, dan sudah menjadi depo	Milik operator eksisting/pemda, dan belum menjadi depo			
Luas lahan	Mencukupi	Tidak mencukupi			Cek luas area pengisian daya setiap jenis bus
Fleksibilitas pengembangan lahan	Masih dapat dikembangkan	Tidak dapat dikembangkan			
Risiko sosial dan lingkungan	Tidak berlokasi di lokasi rawan banjir, rawan ledakan api/kebakaran, berdebu/bergas korosif, bergetaran tinggi	Berlokasi di lokasi rawan banjir, rawan ledakan api/kebakaran, berdebu/bergas korosif, bergetaran tinggi			Cek GI terdekat, konfirmasi ke PT PLN
Jarak ke Gardu Induk (GI)	< 2 km	> 2 km			
Kapasitas GI terdekat	Mencukupi, margin <i>peak demand</i> > 20%	Margin <i>peak demand</i> < 20%			
Akses ke lokasi pengisian daya	ROW mencukupi	ROW tidak mencukupi			

Cukup/tidaknya luas lahan pada depo untuk bus listrik dapat ditentukan melalui *rule of thumb* sebagai berikut:

Tabel 24. Rule of Thumb Kebutuhan Area di Depo untuk Tiap Jenis Bus

Jenis Bus	Kebutuhan Luas per Bus pada Depo (m ²)	
	Kondisi Ideal	Kondisi At Capacity
Bus besar 12-meter	108,89	80,89
Bus medium 7-meter	52,43	38,95
MPU 4-meter	26,46	19,66

Selain berdasarkan matriks kesiapan, penentuan lokasi *overnight charging* perlu memperhatikan konsumsi daya bus listrik pada kilometer kosong untuk perjalanan menuju terminus dan kembali ke depo. Pada analisis ini konsumsi daya bus listrik tidak boleh melebihi 10% dari SoC, sehingga kilometer kosong dibatasi pada 10% dari jangkauan tempuh maksimum setiap jenis bus.

Tabel 25. Threshold Konsumsi Daya dan Kilometer Kosong untuk Overnight Charging

Jenis Bus	Batas Konsumsi Daya	Jangkauan Tempuh Maksimum (km)	Batas Kilometer Kosong (km)	Waktu Tempuh (menit)
Bus besar	10%	294,50	29,45	35
Bus medium	10%	225,00	22,50	45
MPU	10%	175,00	17,50	59

Untuk *opportunity charging*, *threshold* konsumsi daya dan kilometer kosong ditetapkan sebesar 3%, untuk menjamin efektivitas penggunaan energi selama operasional.

Pengisian bus listrik dapat dilakukan di depo, terminal, lokasi baru khusus untuk fasilitas pengisian daya, atau halte. Untuk menentukan di mana infrastruktur pengisian daya dapat dibangun, inventarisasi dan analisis potensi lokasi pengisian daya harus dibuat untuk mengidentifikasi kepemilikan lahan dan ketersediaannya.

5. Perencanaan Infrastruktur Pengisian Daya dan Strategi Pengisian Daya

Setelah memilih lokasi pengisian daya yang potensial, desain konseptual dapat dikembangkan untuk menganalisis lebih detail ruang yang tersedia untuk kegiatan pengisian daya dan merancang sirkulasi kendaraan pada lokasi pengisian. Biasanya, satu unit bus listrik membutuhkan ruang 33% lebih banyak dibandingkan dengan depo untuk bus diesel dengan model yang sama³⁸. Beberapa pedoman internasional tersedia dan dapat digunakan untuk perencanaan terperinci infrastruktur pengisian daya.

Penjadwalan pengisian perlu dikembangkan di setiap lokasi pengisian agar dapat memperkirakan waktu dan durasi kegiatan pengisian daya untuk setiap bus listrik di lokasi tersebut, serta jumlah alat pengisian daya yang dibutuhkan. Secara umum, penjadwalan pengisian daya untuk *opportunity charging* lebih kompleks dibandingkan penjadwalan pengisian untuk pengisian semalam (*overnight charging*), karena waktu yang tersedia pada jam operasional lebih terbatas. Terlebih lagi, kompleksitas analisis penjadwalan pengisian akan bergantung pada kapasitas baterai dan daya tambahan perlu dipenuhi dari *opportunity charging*.

³⁸ Going electric: A pathway to zero-emission buses. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). June 2021.

Setelah sebelumnya memperkirakan jumlah pengisian yang dibutuhkan, jumlah pengisian paling optimal dan dampak terhadap jaringan listrik (akan dibahas lebih lanjut di **Bagian 6**) dapat dianalisis menggunakan perangkat lunak pemodelan, misalnya HOMER Grid.

Strategi pengisian daya dapat ditentukan di awal dengan menganalisis perbandingan antara jangkauan baterai dan perkiraan jarak tempuh harian. Data kapasitas baterai, jangkauan tempuh baterai, jangkauan tempuh harian rute, serta lokasi dan waktu yang tersedia untuk pengisian daya diperlukan untuk melakukan analisis ini. Jika jarak harian lebih dari jangkauan baterai, maka pengisian semalam (*overnight charging*) tidak cukup. Jika tidak mencukupi, maka diperlukan sesi *opportunity charging* di sela waktu operasional.

Studi Kasus: Perencanaan Strategi Pengisian Daya untuk Bus Listrik di Pekanbaru

Penentuan jumlah fasilitas pengisian daya untuk *overnight charging* dapat diestimasi secara sederhana dengan mempertimbangkan total *idle time* tiap bus yang tersedia pada depo, aktivitas bus listrik I depo, durasi pengisian daya, sisa SoC bus listrik, dan jumlah bus yang membutuhkan pengisian daya.

Penentuan jumlah bus yang akan melakukan *overnight charging* dalam satu waktu yang bersamaan dilakukan berdasarkan *benchmarking* terhadap Transjakarta, Medan, dan Surabaya, sebagai tiga kota yang telah mengimplementasikan bus listrik untuk transportasi publik perkotaan di Indonesia. Transjakarta memiliki waktu operasional 17 jam, sehingga terdapat *windowtime* selama 7 jam dalam 1 hari untuk melakukan pengisian daya (*charging*), *maintenance*, dan *washing*. Dengan tipologi bus listrik dan fasilitas pengisian daya yang dipilih untuk Kota Pekanbaru, diketahui bahwa model bus listrik memiliki durasi pengisian daya pada rentang 100 – 120 menit, atau 1,67 – 2 jam.

Tabel 26. Spesifikasi Pengisian Daya dari Setiap Jenis Bus Listrik

Jenis Bus	Laju Pengisian Daya				Durasi Pengisian Daya (menit)
	0% – 80%		80% - 100%		
	menit	%/menit	menit	%/menit	
Bus besar	80	1%	40	0,5%	120
Bus medium	80	1%	40	0,5%	120
MPU	80	1%	20	1%	100

Jika diasumsikan aktivitas *charging*, *maintenance*, dan *washing* dilakukan untuk durasi waktu yang sama (maksimal 2 jam untuk tiap bus), diperoleh perbandingan kebutuhan unit fasilitas pengisian daya sebesar 1 : 3 dari total jumlah bus yang Siap Operasi (SO).

Trans Metro Pekanbaru sendiri memiliki waktu operasional 13,5 jam dengan *windowtime* sebesar 10,5 jam. Jam operasional ini serupa dengan layanan bus Surabaya, sehingga digunakan perbandingan yang sama dengan Surabaya, yaitu 1 : 4, untuk menentukan jumlah *charger* yang diperlukan untuk melakukan *overnight charging* pada waktu yang simultan. Durasi untuk satu kali aktivitas pengisian daya adalah sekitar 20% dari total *windowtime* yang tersedia, sehingga **perbandingan 1 : 4** dapat digunakan.

Selain *overnight charging*, kebutuhan *opportunity charging* untuk rencana rute bus listrik di Kota Pekanbaru dilakukan dengan terlebih dahulu mengidentifikasi rute-rute yang membutuhkan *opportunity charging*. *Opportunity charging* dilakukan sesuai dengan kebutuhan dari setiap rute tinjauan. Suatu rute memerlukan *opportunity charging* apabila jarak tempuh harian bus melebihi jangkauan tempuh operasional dari jenis bus. Perlu diperhatikan pula bahwa bus-bus pada suatu rute yang sama belum tentu memiliki jumlah ritase yang sama, sehingga jarak tempuh harian dan jumlah ritasi dioptimasi dengan *scheduling*. *Scheduling* dapat

dilakukan melalui *timetabling*, yaitu penjadwalan operasional setiap bus terhadap kedua terminus yang terdapat dalam suatu rute berdasarkan kinerja operasional yang ingin dicapai.

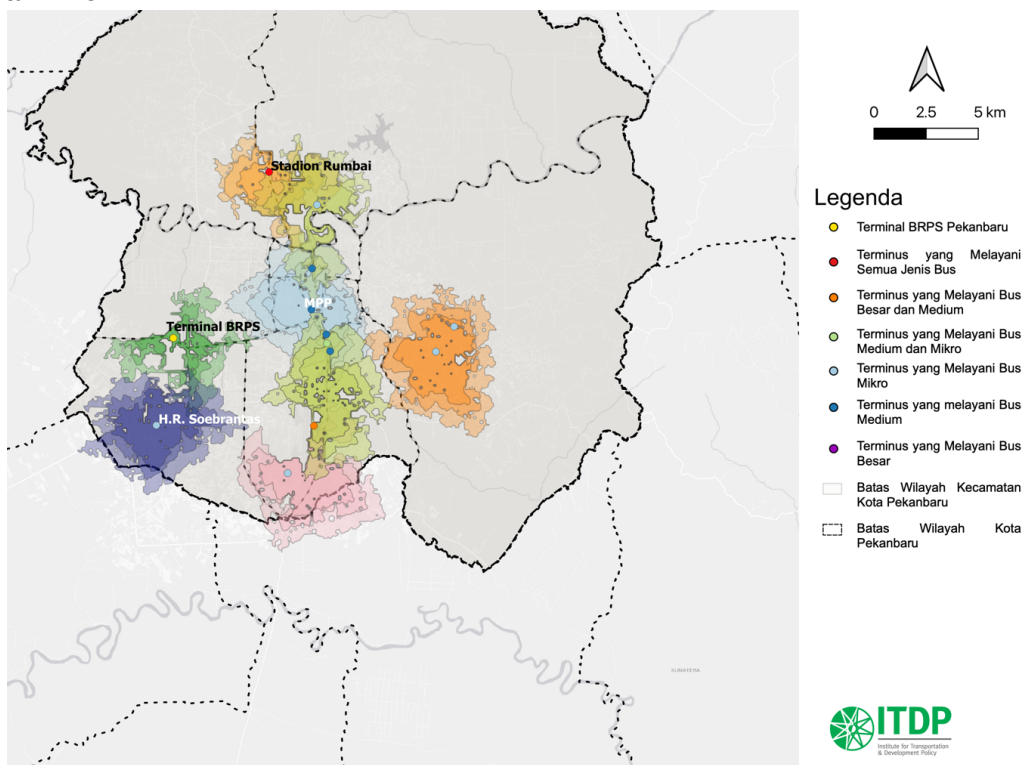
Timetabling akan memperkirakan waktu kedatangan, *idle time*, dan waktu keberangkatan setiap bus selama waktu operasional, dengan memastikan kesesuaian dari keberangkatan pertama dan terakhir di setiap terminus terhadap batasan jam operasional. Jangkauan tempuh bus listrik yang dapat digunakan selama operasional (*usable range*) adalah **80% dari jangkauan tempuh maksimum** setiap jenis bus listrik.

Setelah mengidentifikasi rute-rute yang membutuhkan *opportunity charging*, lokasi potensial stasiun pengisian daya untuk *opportunity charging* ditentukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:



Gambar 11. Prinsip Perencanaan Strategi Opportunity Charging

Suatu lokasi fasilitas pengisian daya dapat melayani lebih dari satu rute, terutama untuk rute-rute dengan terminus yang berdekatan atau bahkan sama, sehingga dilakukan *route grouping*. Penentuan *route grouping* dapat dilakukan menggunakan *isochrone* pada QGIS berdasarkan nilai *threshold* konsumsi daya bus listrik menuju dan berangkat lokasi fasilitas pengisian daya, yaitu 3%. Nilai tersebut dikonversi menjadi jarak tempuh dengan menggunakan faktor efisiensi energi setiap jenis bus listrik (konsumsi daya listrik bus listrik per km). *Threshold* jarak tempuh adalah 8,84 km untuk bus besar, 6,75 km untuk bus medium, dan 5,25 km untuk MPU.



Gambar 12. Peta Route Grouping Lokasi Opportunity Charging

Selain *isochrone*, penentuan *route grouping* juga dilakukan berdasarkan *scheduling* dari setiap rute yang membutuhkan *opportunity charging*. Apabila suatu rute dapat mengisi daya di lebih dari satu lokasi pengisian daya terdekat dari terminus, dipilih lahan dengan kriteria berikut:

- Lokasi pengisian daya memiliki jarak terdekat dengan terminus untuk meminimalisasi jarak tempuh dan konsumsi daya bus listrik.
- Lokasi pengisian daya memiliki ketersediaan lahan untuk melakukan pengisian daya, terutama untuk lokasi pengisian daya yang melayani lebih dari satu rute, sehingga meminimalisasi jumlah lahan yang dibutuhkan.

Opportunity charging dilakukan ketika bus beroperasi di siang hari, tetapi tidak dapat dilakukan ketika bus sedang melayani penumpang, terutama pada jam puncak. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi *windowtime* untuk pengisian daya. Pada perencanaan elektrifikasi transportasi publik, direncanakan terdapat periode *off-peak*. Pada jam nonsibuk tersebut, hanya 60% dari jumlah bus SO yang beroperasi. Penentuan *windowtime* juga dibatasi dengan waktu perjalanan bus listrik menuju dan dari lokasi fasilitas pengisian daya. Selain itu, alokasi waktu dan jadwal pengisian daya perlu mempertimbangkan *charging turnover time*, yaitu sebesar 2 kali *headway*, dan ketersediaan ruang pada lokasi fasilitas pengisian daya.

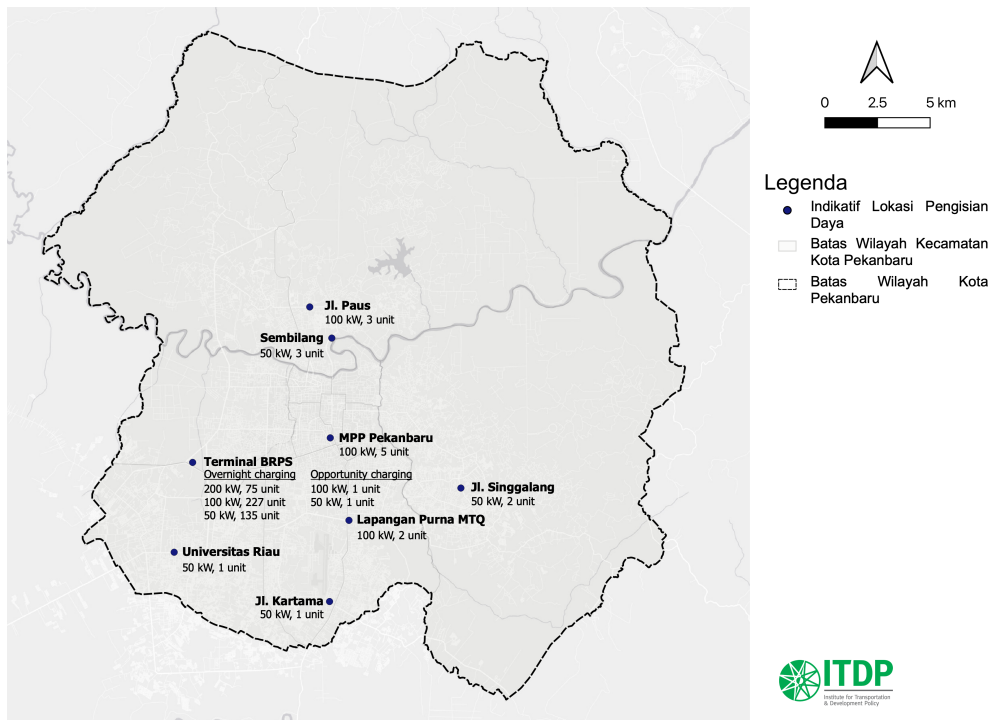
Semua aspek di atas dipertimbangkan dalam *scheduling* untuk setiap rute yang membutuhkan *opportunity charging*. Penentuan *windowtime* dan durasi pengisian daya dilakukan secara iteratif untuk mendapatkan nilai terbaik bagi setiap bus dan rute. Durasi pengisian daya umumnya berada pada kisaran 10-30 menit karena *opportunity charging* hanya mengisi daya sesuai kebutuhan saja, bukan mengisi daya bus listrik hingga penuh.

Serupa dengan kebutuhan lahan pada stasiun pengisian daya untuk *opportunity charging* yang menggunakan kebutuhan luas tiap jenis bus.

Tabel 27. Kebutuhan Luas Tiap Jenis Bus untuk Opportunity Charging

Jenis Bus	Kebutuhan Luas Per Bus Opportunity Charging (m ²)	
	Kondisi Ideal	Kondisi At Capacity
Bus besar 12-meter	84,00	62,22
Bus medium 7-meter	40,45	29,96
MPU 4-meter	20,41	15,12

Melalui kerangka analisis di atas, lokasi *opportunity charging*, serta jumlah unit fasilitas pengisian daya di tiap titik, diilustrasikan pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Peta Persebaran Lokasi Pengisian Daya untuk Bus Listrik di Kota Pekanbaru

Alternatif Selain *Opportunity Charging*

Dalam beberapa kasus, satu sesi *opportunity charging* terkadang masih belum cukup untuk menutupi energi yang dibutuhkan untuk melayani jarak tempuh harian pada suatu rute. Kajian ITDP dan UNEP-CTCN tentang elektrifikasi bus besar dan bus sedang Transjakarta, memberikan beberapa alternatif untuk rute-rute yang membutuhkan daya tambahan meskipun telah didukung oleh *opportunity charging*, seperti:

- Menambah jumlah bus;
- Menambah alat pengisi daya yang cepat; dan
- Instalasi alat pengisi daya super cepat (*ultra-fast charging*) di halte BRT.

Solusi yang paling cocok dinilai dengan melihat efektivitas biayanya.

Desain konseptual dapat mendemonstrasikan penggunaan ruang untuk setiap aktivitas dan sirkulasi pada depo maupun lokasi pengisian daya. Analisis strategi pengisian daya dapat dimulai dengan mengidentifikasi jangkauan tempuh baterai dan jarak tempuh harian.

Analisis Kelayakan Ekonomi dan Finansial

Perencanaan operasional elektrifikasi transportasi publik adalah proses yang sifatnya iteratif. Efektivitas biaya perlu dipertimbangkan melalui analisis kelayakan ekonomi dan finansial, setelah pemilihan aspek teknis dan rencana operasional. Analisis efektivitas biaya dapat digunakan untuk:

1. Memilih model armada, terlepas dari strategi pengisian yang sudah mencapai BOK yang kompetitif dibanding bus konvensional.
2. Membandingkan biaya selama usia pakai dari beberapa kombinasi armada dan teknologi pengisian daya.
3. Membandingkan opsi metode untuk mengakomodasi rute yang membutuhkan daya tambahan.

Penjelasan rinci tentang analisis ekonomi dan keuangan untuk menentukan biaya yang paling pilihan yang efektif untuk elektrifikasi akan dibahas pada **Bagian 8**.

Rencana operasional adalah proses iterasi di mana efektivitas biaya perlu dipertimbangkan

melalui analisis keuangan, setelah pemilihan aspek teknis dan rencana operasional.

5.3. Perawatan Bus Listrik

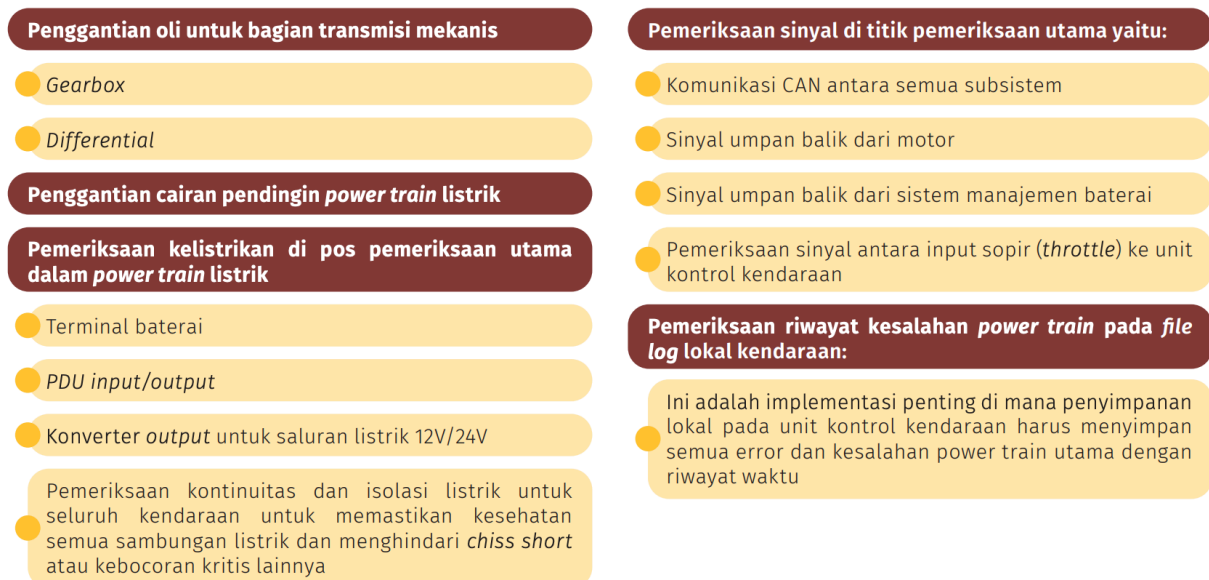
Jika dibandingkan dengan bus konvensional, bus listrik memiliki lebih sedikit komponen. Hal ini menyebabkan biaya operasi dan pemeliharaan bus listrik yang umumnya lebih rendah dari bus konvensional, dan relatif lebih dapat diprediksi. *Power train* bus listrik sangat berbeda jika dibandingkan dengan bus diesel dan memiliki komponen 60% lebih sedikit. Konfigurasi *power train* bus listrik yang umum biasanya terdiri dari sumber energi (baterai), motor traksi tunggal dengan pengontrol, dan *gearbox* penggerak akhir. Karena bus listrik memiliki komponen yang berbeda dibandingkan dengan bus diesel, bus listrik juga akan membutuhkan metode serta praktik pemeliharaan yang berbeda dibandingkan dengan bus diesel.

Perawatan kendaraan listrik secara umum lebih mudah dibandingkan dengan kendaraan konvensional karena memiliki komponen bergerak ~95% lebih rendah dan umumnya ~40% lebih rendah dari sisi biaya perawatan.

Praktik terbaik yang dapat dilakukan untuk pengoperasian dan pemeliharaan bus listrik dan infrastruktur pengisian daya meliputi:

- Menerapkan perilaku mengemudi yang hemat energi;
- Memahami dan mempersiapkan bus dan alat pengisian daya;
- Kegiatan pemeliharaan infrastruktur, termasuk suku cadang;
- Memantau kondisi kesehatan baterai; dan
- Mempertahankan jumlah inventaris dan *lead time*.

Kegiatan Pemeliharaan Utama untuk Bus Listrik



Gambar 14. Kegiatan Pemeliharaan Utama Bus Listrik³⁹

³⁹ PDU = Power Distribution Unit, CAN = Controller Area Network

5.4. Perawatan Fasilitas Pengisian Daya

Produsen maupun APM bus listrik umumnya menyediakan petunjuk pemeliharaan yang menguraikan kegiatan pemeliharaan preventif, serta waktu dan keterampilan yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan pemeliharaan tersebut, menyediakan *fault codes*, dan metode untuk mendiagnosis sebuah permasalahan.

Fasilitas pengisian di depo (umumnya *plug-in*): Sering kali memiliki desain modular dan memerlukan perawatan minimal.

Fasilitas pengisian cepat (*fast charging*): Lebih banyak memerlukan perawatan preventif yang berkelanjutan karena biasanya stasiun pengisian daya cepat memiliki sistem pendingin, filter, dan komponen lainnya.

Kegiatan Pemeliharaan yang Umum Dilakukan untuk Alat Pengisi Daya

- Inspeksi secara visual
- Pengetatan kembali konektor
- Pembersihan atau penggantian filter
- Metode diagnostik masalah menggunakan perangkat lunak
- Penggantian kabel dan konektor yang disebabkan oleh keausan
- Penggantian cairan pendingin di stasiun pengisian daya cepat

Pemeliharaan baik armada listrik maupun fasilitas pengisian daya perlu mengikuti panduan produsen dan APM. Tak jarang, karena teknologinya yang masih berkembang, operator membutuhkan kontrak pemeliharaan, perawatan, dan pergantian suku cadang dengan APM sekala masa kontrak operasional transportasi publik.

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
	Roadmap and Timetable of E-bus Deployment for Transjakarta - Supporting Jakarta's Transition to E-mobility	ITDP Indonesia and UNEP-CTCN, 2021
https://itdp-indonesia.org/publication/business-case-of-transjakartas-first-phase-e-bus-deployment-an-executive-summary/	Building a Regulatory and Financial Basis for Transjakarta's First Phase E-bus Deployment - Task 4.1: Detailed Technical Plan	ITDP Indonesia and UK PACT, 2023
https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/12/UITP-India-Performance-Evaluation-Electric-Bus.pdf	Performance Evaluation Framework for Electric Buses in India	UITP, 2020
https://www.wri.org/research/how-enable-electric-bus-adoption-cities-worldwide#:~:text=For%20the%20mass%20adoption%20of.conditions%2C%20and%20financial%20instruments%20to	How to enable electric bus adoption in cities worldwide	WRI, 2019

6. Dampak Jaringan Listrik, Penurunan Gas Rumah Kaca, dan Implementasi Energi Terbarukan untuk Bus Listrik

Kotak 5. Definisi Istilah Utama

Captive Power Plant adalah pembangkit tenaga listrik yang didirikan oleh suatu perusahaan/industri untuk menghasilkan listrik yang akan dikonsumsi sendiri.

Jaringan Tegangan Rendah (JTR) adalah tahap terakhir jaringan listrik yang menyalurkan listrik ke konsumen dengan tegangan distribusi yang kecil (di bawah 1,000 V).

Jaringan Tegangan Menengah (JTM) adalah tahap terakhir jaringan listrik yang menyalurkan listrik dari pembangkit ke konsumen dengan tegangan distribusi di antara 1,000 V ke 36,000 V.

MVMDP atau Medium Voltage Main Distribution Panel adalah panel distribusi/pembagi setelah gardu PLN, yang mendistribusikan listrik dengan tegangan menengah ke trafo step-down 20 kV ke 380/220 V.

LVMDP atau Low Voltage Main Distribution Panel adalah panel yang bekerja pada tegangan rendah (< 1 kV) dan berfungsi sebagai pembagi daya instalasi yang dilayaninya.

Power wheeling adalah bentuk kerja sama pemakaian jaringan tenaga listrik milik suatu pihak untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu entitas ke entitas lain.

NPC (Net Present Cost atau Net Present Value) adalah selisih nilai investasi dan nilai pendapatan.

REC (Renewable Energy Credit atau Renewable Energy Certificate) adalah sertifikat energi hijau atau terbarukan yang dapat diperdagangkan yang memungkinkan klaim konsumsi satu megawatt-jam (MWh) listrik yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan.

6.1 Dampak Implementasi Bus Listrik terhadap Permintaan dan Pasokan Jaringan Listrik Lokal

Menurut studi dari McKinsey & Company, perkiraan pertumbuhan penggunaan kendaraan listrik tidak akan mendorong peningkatan langsung atau substansial pada jumlah permintaan daya jaringan listrik. Artinya, kendaraan listrik tidak menyebabkan dampak yang signifikan pada suplai energi listrik dalam jangka pendek. Seperti contoh di Jerman, pertumbuhan kendaraan listrik tidak menyebabkan peningkatan permintaan daya yang signifikan hingga tahun 2030. Sebaliknya, kendaraan listrik hanya menambah sekitar 1% dari total kebutuhan dan membutuhkan penambahan kapasitas sekitar lima gigawatt (GW). Jumlah tersebut dapat meningkat sekitar 4% pada tahun 2050.

Walaupun implementasi kendaraan listrik tidak menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam permintaan daya total, namun hal tersebut akan mempengaruhi kurva beban listrik. Efek yang paling menonjol adalah adanya peningkatan beban puncak malam hari karena para pengguna kendaraan listrik cenderung mengisi daya kendaraan listrik setelah pulang kerja atau setelah menyelesaikan pekerjaan di hari tersebut. Akan tetapi, efek ini hanya merepresentasikan sebagian kecil dari keseluruhan sistem.

Walaupun demikian, akan terdapat dampak pada infrastruktur kelistrikan lokal, seperti gardu induk dan kabel utama. Pemilihan gardu induk yang akan dihubungkan dengan infrastruktur pengisian daya dipengaruhi oleh beban puncak lokal, jarak gardu induk, kapasitas cadangan gardu induk. Oleh karena itu, penting untuk memiliki data kapasitas cadangan pada gardu induk yang berpotensi terhubung dengan lokasi pengisian serta memperkirakan beban puncak lokal pada lokasi pengisian itu sendiri.

Adopsi kendaraan listrik umumnya tidak akan menyebabkan dampak yang signifikan pada suplai energi listrik dalam jangka pendek. Namun, terdapat potensi dampak terhadap infrastruktur listrik setempat.

Pemilihan gardu induk yang akan dihubungkan dengan infrastruktur pengisian daya dipengaruhi oleh beban puncak lokal, jarak gardu induk, kapasitas gardu induk.

6.2 Daftar Infrastruktur Kelistrikan Tambahan yang Diperlukan untuk Mendukung Aktivitas Pengisian Daya Bus Listrik

Secara umum kebutuhan infrastruktur listrik tambahan dapat dikategorikan berdasarkan kebutuhan sambungan listrik sebagai berikut:

- **Jaringan Tegangan Rendah/JTR (2,2 - 100 kVA)**
 - o Untuk lokasi pengisian daya yang memerlukan sambungan daya tegangan rendah (<197 kVA), hanya perlu sambungan ke jaringan tegangan rendah “JTR” (220/380 V). Menurut PLN, penambahan investasi infrastruktur oleh konsumen tidak diperlukan karena hanya diperlukan sambungan kabel ke gardu distribusi terdekat yang menjadi tanggung jawab PLN.
- **Jaringan Tegangan Menengah/JTM (200 - 630 kVA) dan (630 - 1.250 kVA)**
 - o Untuk lokasi pengisian daya yang membutuhkan jaringan tegangan menengah (>197 kVA), baik untuk pengguna tegangan menengah 200 - 630 kVA maupun 630 - 1.250 kVA, dibutuhkan koneksi ke jaringan tegangan menengah “JTM” 20 kV. Infrastruktur yang dibutuhkan meliputi panel distribusi utama tegangan menengah (MVMDP) dan panel distribusi utama tegangan rendah (LVMDP). Investasi pada MVMDP menjadi tanggung jawab bersama antara pelanggan dan PLN karena biasanya akan ada dua sisi (pintu) pada MVMDP untuk fungsi kontrol. Selain itu, survei lapangan biasanya dilakukan oleh PLN UID dan pelanggan untuk menentukan kebutuhan spesifik infrastruktur kelistrikan.
 - o Sambungan ke jaringan tegangan menengah 20 kV dilakukan melalui sambungan kabel ke MVMDP (juga disebut *switchgear*) baik di sisi PLN maupun di sisi pelanggan. Tegangan akan diturunkan menggunakan trafo *step down* ke tegangan yang lebih rendah (380–220 V) di lokasi pelanggan. Tegangan rendah tersebut kemudian dihubungkan ke panel distribusi utama tegangan rendah (LVMDP) untuk disalurkan ke peralatan listrik atau fasilitas pengisian daya bus listrik.

Infrastruktur listrik tambahan yang dibutuhkan untuk pengisian daya dapat dikategorikan berdasarkan sambungan daya yang dibutuhkan. Pembagian investasi infrastruktur kelistrikan antara PLN dan pengguna akan bergantung pada objek infrastruktur kelistrikan itu sendiri.

6.3 Estimasi Penurunan Gas Rumah Kaca

Estimasi penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) perlu dilakukan untuk mengevaluasi dampak elektrifikasi transportasi publik. Umumnya, penurunan GRK dilakukan dengan membandingkan skenario rencana elektrifikasi terhadap skenario *Business-as-Usual* (BaU). Dalam skenario BaU, seluruh bus yang beroperasi selama pentahapan elektrifikasi diasumsikan menggunakan bus konvensional dalam jumlah yang sama dengan rencana elektrifikasi. Sementara itu, perhitungan emisi pada skenario elektrifikasi mempertimbangkan kombinasi antara penambahan bus listrik dan keberadaan armada konvensional eksisting yang masih beroperasi.

Metode dan Input Data

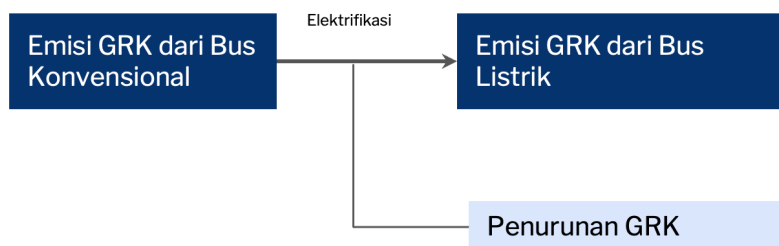
Estimasi emisi GRK dilakukan dengan pendekatan WtW (*Well-to-Wheel*) yang mencakup jumlah energi yang digunakan dan emisi yang dihasilkan dari produksi bahan bakar (WtT/*Well-to-Tank*) dan operasional kendaraan (TtW/*Tank-to-Wheel*). Bus listrik sendiri tidak memiliki emisi gas buang GRK (*TtW*) selama operasionalnya, tetapi mayoritas pembangkit listrik di Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil untuk memproduksi listrik yang digunakan untuk mengisi daya bus listrik. Penggunaan sumber energi tidak terbarukan ini menghasilkan emisi CO₂ yang penting untuk turut dipertimbangkan. Dengan demikian, penurunan emisi GRK dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

Penurunan GRK = (Total Emisi GRK WtW Bus Konvensional Skenario BaU) – (Total Emisi GRK WtW Bus Konvensional Skenario Elektrifikasi + Total Emisi GRK WtW Bus Listrik)

di mana,

Total Emisi GRK WtW Bus Konvensional = Faktor Emisi GRK WtW x Jarak Perjalanan Tahunan x Populasi Bus Konvensional

Total Emisi GRK WtW Bus Listrik = Intensitas Karbon *Grid* Pembangkit x Jarak Perjalanan Tahunan x Konsumsi Daya Listrik per km x Populasi Bus Listrik



Reduksi Emisi = (V.K.T. ICE bus x EF ICE bus) - (V.K.T. E-Bus x EC x EF E-Bus)

Dengan:

VKT_{ICE bus} : kilometer tempuh bus konvensional (km)
 EF_{ICE bus} : faktor emisi bus konvensional (kgCO₂eq/km)
 VKT_{E-bus} : kilometer tempuh bus listrik (km)
 EC : efisiensi energi bus listrik (kWh/km)
 EF_{E-bus} : faktor emisi bus listrik (kgCO₂eq/kWh), biasanya dari emisi pembangkit

Gambar 15. Metodologi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca

6.4 Integrasi Energi Terbarukan untuk Elektrifikasi Transportasi Publik

Meskipun terdapat manfaat terhadap lingkungan hanya dengan mengganti mesin pembakaran internal (ICE) dengan baterai saat mengoperasikan kendaraan, masyarakat juga perlu mengetahui manfaat lainnya dari penggunaan energi terbarukan untuk pengisian kendaraan listrik. Meskipun kendaraan listrik yang beroperasi tidak memiliki emisi gas buang, tetapi proses pengisian daya dapat menghasilkan emisi dari pembangkit listrik. Hal ini penting untuk diprioritaskan karena transportasi menyumbang sekitar seperlima dari emisi global, dengan transportasi darat menyumbang tiga perempat dari jumlah tersebut. Mayoritas berasal dari kendaraan mobil penumpang dan bus yang menyumbang 45,1% dan 29,4% dari emisi transportasi darat, lainnya berasal dari truk pengangkut barang.

Rata-rata, kendaraan listrik memiliki total emisi yang lebih rendah daripada kendaraan konvensional, namun, jika energi listrik yang digunakan bersumber dari energi terbarukan, emisi yang dihasilkan dapat jauh lebih berkurang—atau sampai tidak ada sama sekali. Penggunaan energi terbarukan untuk mengisi daya kendaraan listrik membantu mendukung pengembangan energi terbarukan dan mengurangi jejak karbon yang terkait dengan listrik yang dibeli.

Saat ini sektor ketenagalistrikan di Indonesia masih didominasi oleh pembangkit listrik tenaga batu bara. Transisi untuk sepenuhnya beralih ke energi terbarukan membutuhkan waktu yang cukup lama. Selain menggunakan listrik langsung dari jaringan PLN, stasiun pengisian kendaraan listrik dapat memanfaatkan pembangkit listrik energi terbarukan di lokasi pengisian (*on site*). Umumnya, beberapa opsi dapat digunakan, seperti tenaga surya, angin, atau biomassa di lokasi pengisian daya—dengan asumsi terdapat cukup potensi untuk menghasilkan listrik secara ekonomis.

Pada wilayah perkotaan, mungkin cukup sulit untuk menemukan sumber angin yang baik pada ketinggian yang rendah, belum lagi kebutuhan ruang untuk turbin angin, yang mungkin terbatas untuk dilakukan di tengah kota. Tenaga biomassa juga merupakan salah satu pilihan alternatif. Namun, operator stasiun pengisian mungkin akan menghadapi kesulitan untuk menjalankan dan mengoperasikan pasokan listriknya sendiri dan menjaga ketersediaan bahan baku biomassa, belum lagi biaya investasi modal yang tinggi.

Di sisi lain, solar PV atau panel surya relatif mudah untuk diintegrasikan ke dalam pengisian bus listrik karena sifatnya yang modular. Panel surya dapat ditempatkan sebagai penutup kanopi di tempat parkir atau bahkan memanfaatkan area atap lokasi pengisian daya (misalnya, di gedung perkantoran, terminal, halte bus) untuk mengintegrasikan panel surya ke dalam pengisian bus listrik. Karena sifatnya yang modular, panel surya dapat digunakan untuk berbagai skala stasiun pengisian dan kebutuhan daya. Penilaian kelayakan integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) harus dilakukan berdasarkan analisis *cost-benefit*. Hal ini dilakukan untuk menentukan kapasitas panel surya yang optimal untuk infrastruktur pengisian yang diberikan.

Selain menggunakan solar PV, alternatif lain untuk penggunaan energi bersih adalah melalui *power wheeling* dan REC (*renewable energy credits*). Hal ini dapat meningkatkan total bauran energi terbarukan dalam sistem pengisian. Opsi energi terbarukan ini sangat disarankan untuk menghindari beban biaya tambahan di masa depan.

Kendaraan listrik tidak menghasilkan emisi gas buang, tetapi aktivitas pengisian daya dapat menghasilkan emisi dari pembangkit listrik. Jika sumber energi pembangkit listrik untuk pengisian daya kendaraan listrik berasal dari sumber terbarukan, maka emisi yang dihasilkan dapat jauh berkurang atau bahkan tidak ada sama sekali. Solar PV relatif mudah untuk diintegrasikan ke dalam pengisian karena sifatnya yang modular.

6.5 Studi kasus Integrasi Energi Terbarukan untuk Elektrifikasi Mikrotrans Transjakarta⁴⁰

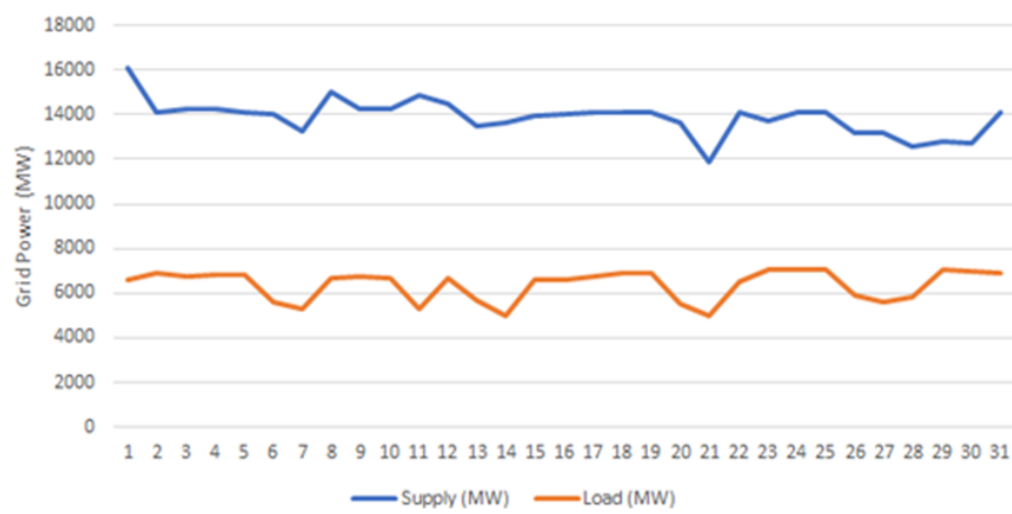
Pada 2020, sebagai bagian dari rencana Transjakarta, lebih dari 2.500 Mobil Penumpang Umum (MPU) di bawah layanan Transjakarta akan menggunakan armada listrik pada tahun 2030. Target ini kemudian diperbaharui pada tahun 2022, menjadi 6.360 armada di tahun 2030. Dampak jaringan dan integrasi panel surya ke armada ini memerlukan analisis yang menyeluruh untuk setiap lokasi stasiun pengisian jika memungkinkan. Pendekatan lain adalah dengan mengelompokkan lokasi pengisian yang potensial menjadi beberapa tipologi dan melakukan analisis untuk masing-masing tipe. Untuk kasus khusus ini, lokasi pengisian dikelompokkan menjadi 8 arketipe yang berbeda berdasarkan tipe lokasinya (terminal, *on street*, dan lain-lain) dan tipe rute (*looping*, *2 layover*, dan lain-lain). Analisis kebutuhan pengisian daya kemudian dilakukan menggunakan aplikasi HOMER Grid. Setelah melakukan analisis untuk masing-masing kelompok, diperoleh hasil sebagai berikut.

- Potensi % bauran energi terbarukan dalam total energi yang disuplai adalah sebagai berikut:
 - Panel surya dapat mengakomodasi 5% hingga 55% dari permintaan pengisian per tahun, dengan rata-rata *solar penetration* 20%, tergantung pada potensi panel surya dan profil pengisian di setiap lokasi. Dari tujuh perwakilan kelompok lokasi pengisian, potensi tenaga surya berkisar antara 13.5 – 1.100 kWp, dengan Stasiun Tanah Abang dan Terminal

⁴⁰ Dari studi ITDP, didukung oleh UK PACT terkait Elektrifikasi Transjakarta, 2022.

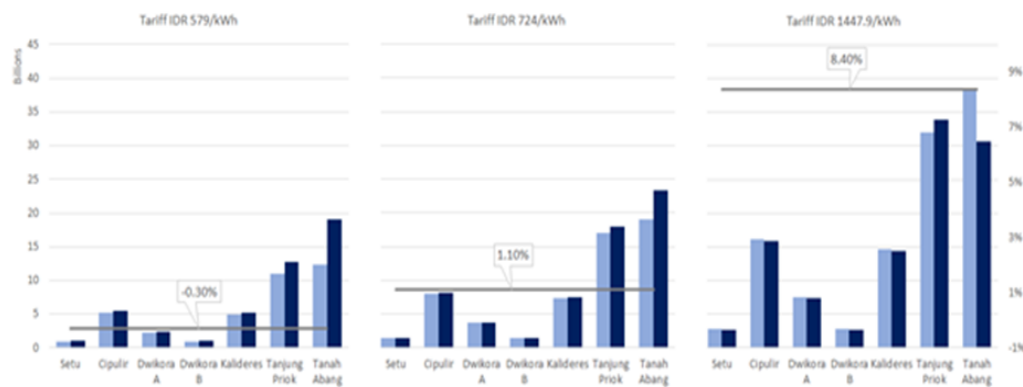
Tanjung Priok menjadi dua potensi terbesar mengingat ketersediaan ruangnya yang juga cukup luas.

- Dalam hal permintaan dan pemasokan, total permintaan listrik tahunan dari kedua skenario pengisian adalah sekitar 60 GWh/tahun. Rata-rata kebutuhan daya untuk seluruh armada pengisian MPU, untuk *overnight* dan *opportunity charging*, mencapai sekitar 6,945 MW. Dari data PLN, terlihat pada Maret 2021, rata-rata pasokan listrik (kemampuan daya) sekitar 13.895 MW dan kebutuhan daya rata-rata 6.385 MW. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kelebihan kapasitas suplai sebesar 7.510 MW (sekitar 54% dari total kemampuan daya suplai). Cadangan margin ini menunjukkan bahwa permintaan tambahan dari pengisian bus kecil hanya menambah sekitar 0,09% dari margin yang tersedia. Dengan demikian, elektrifikasi ~2.500 unit MPU pada layanan Transjakarta tidak akan mengakibatkan kekurangan pasokan listrik.



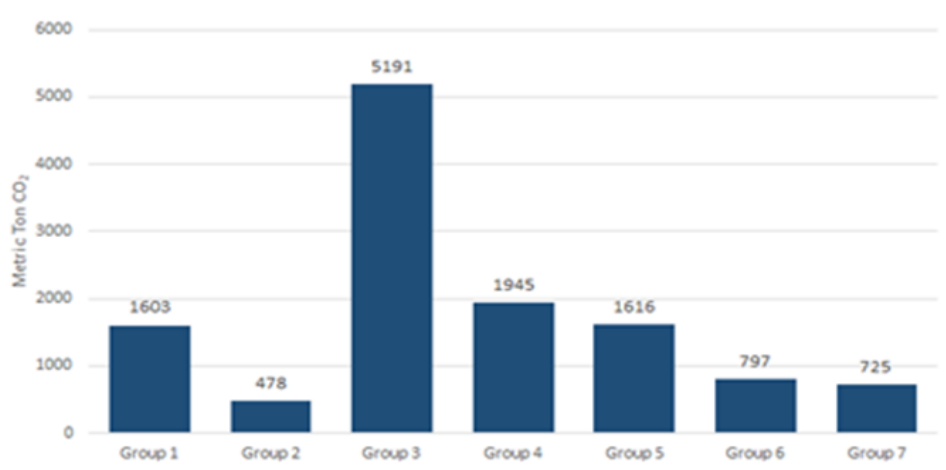
Gambar 16. Grafik Rata-Rata Pasokan Listrik dan Rata-Rata Permintaan Listrik

- Terkait kebutuhan daya puncak, data PLN juga menunjukkan pada Februari 2021, puncak kebutuhan Jakarta terjadi pada sore hari sebesar 4.493 MW. Di sisi lain, penambahan kebutuhan daya puncak dari *opportunity charging* MPU diperkirakan sekitar 10 MW dari seluruh lokasi pengisian daya, dan terjadi pada tengah malam. Oleh karena itu, ini hanya berkontribusi sekitar 0,22% dari daya puncak terbaru yang tercatat, menunjukkan dampak yang sangat kecil pada jaringan karena tidak membuat lonjakan daya yang signifikan.
- Dampak integrasi panel surya pada biaya dan manfaat lingkungan.
 - Pengisian daya dengan jaringan listrik saja (*grid only*) dan jaringan listrik dengan panel surya dinilai dan dibandingkan dengan menggunakan berbagai tarif listrik yang diberikan oleh PLN. Perbandingan ini akan memberikan gambaran tentang kelayakan finansial dalam mengintegrasikan panel surya ke dalam sistem pengisian di setiap lokasi transit. Tiga tarif yang digunakan berbeda, yaitu tarif minimum (~Rp 579/kWh), sedang (~Rp 724/kWh), dan maksimum (~Rp 1.448/kWh).



Gambar 17. Perbandingan Grid-Only dan Jaringan Listrik dengan Pengisian Panel Surya Menggunakan Tiga Tipe Tarif yang Berbeda

- Secara finansial, panel surya adalah pilihan yang lebih baik ketika PLN membebaskan tarif listrik *grid only* maksimum (~Rp 1.448/kWh) kepada pelanggan. Terlihat bahwa NPV terendah selalu sesuai dengan tarif listrik terendah yang dibebankan. Secara keseluruhan, proyek pengisian daya menghasilkan pengembalian investasi (ROI) dan periode pengembalian yang sama untuk semua lokasi, tergantung pada tarif listrik. Hal ini diakibatkan oleh faktor yang sama yang digunakan untuk menghasilkan penghematan tagihan listrik, biaya O&M, dan biaya investasi panel surya, yaitu kapasitas panel surya. Selain itu, dengan tarif listrik dan biaya unit PLTS yang serupa, kapasitas PLTS yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak energi dan menghasilkan penghematan yang lebih tinggi tetapi membutuhkan biaya investasi yang lebih tinggi. Sistem pengisian terintegrasi panel surya ini memiliki ROI sebesar 8,4%, 1,1%, dan -0,3% dari tarif listrik tertinggi hingga terendah berturut-turut, dengan periode pengembalian tercepat 8 tahun.
- Dari sisi dampak lingkungan, elektrifikasi MPU pada layanan Transjakarta dengan *grid only* sudah menghasilkan penurunan GRK yang signifikan. Namun, integrasi panel surya ke sistem pengisian akan semakin mengurangi emisi yang dihasilkan.

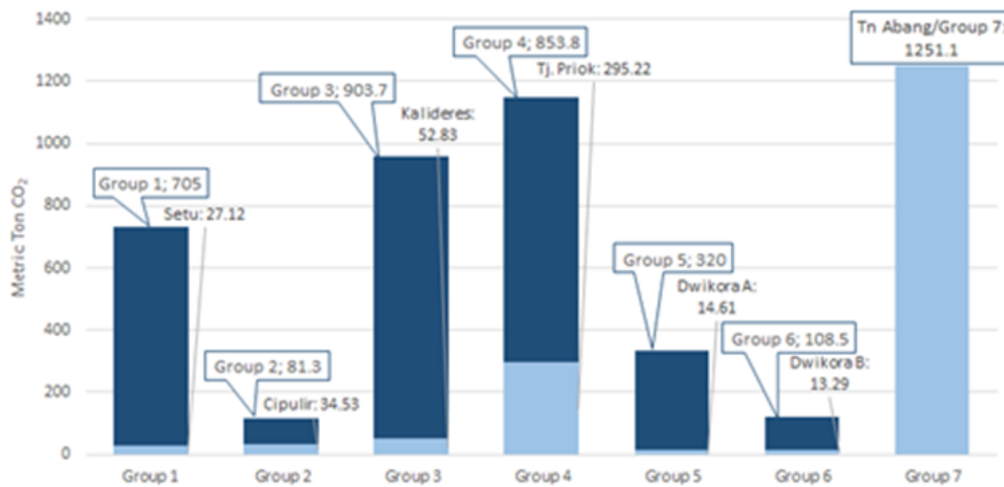


Gambar 18. Pengurangan Emisi untuk Setiap Kelompok Pengisian⁴¹

- Pengurangan emisi yang diperoleh dari elektrifikasi ~2.500 unit MPU Transjakarta dihitung berdasarkan selisih emisi MPU konvensional dan armada listrik. Gambar di atas menyajikan pengurangan emisi untuk setiap kelompok pengisian. Grup 3 (terminal yang digunakan lebih dari satu rute, dengan rute memiliki lokasi pengendapan di kedua

⁴¹ Kelompok pengisian merupakan pengelompokan rute-rute MPU Transjakarta berdasarkan beberapa karakteristik, seperti tipologi rute, jenis lokasi pengendapan, dan panjang kilometer tempuh harian.

terminusnya) mendominasi pengurangan emisi karena jarak tempuh yang paling jauh. Secara keseluruhan, elektrifikasi bus kecil menghasilkan pengurangan emisi WtW total sebesar 12.354 ton CO₂eq/tahun.



Gambar 19. Besaran Pengurangan Emisi Setelah Penerapan Solar PV Untuk Pengisian Bus Listrik di Lokasi Representatif

- Seperti terlihat pada gambar di atas, implementasi solar PV untuk pengisian bus listrik di lokasi yang representatif dapat mengurangi emisi antara 13 ton CO₂eq pada Dwikora hingga 1.251 ton CO₂eq per tahun pada Tanah Abang.

Penilaian menyeluruh terhadap potensi panel surya, aspek tekno-finansial, dan dampak terhadap lingkungan harus dibandingkan dengan sumber energi yang seluruhnya melalui jaringan listrik PLN (*grid only*) untuk mengevaluasi manfaat integrasi energi terbarukan.

Pertanyaan Refleksi

- Apakah kota Anda sudah mengidentifikasi ukuran armada yang akan menggunakan armada listrik di kota Anda setiap tahunnya hingga periode tertentu?
- Apakah kota Anda sudah menentukan lokasi fasilitas pengisian daya untuk armada, baik itu *overnight charging* atau *opportunity charging*?
- Menurut Anda, Seberapa penting integrasi energi terbarukan untuk sistem pengisian di luar perspektif ekonomi? Apakah ada dukungan pemerintah pusat/daerah untuk mengintegrasikan energi terbarukan ke dalam program elektrifikasi?
- Apa strategi/alternatif lain yang akan Anda pertimbangkan selain menggunakan panel surya untuk meningkatkan penetrasi energi terbarukan?
- Apakah Anda sudah berkoordinasi dengan PLN daerah untuk memahami pasokan listrik sampai jangka waktu tertentu? Dan apakah Anda juga mempertimbangkan infrastruktur jaringan lokal yang diperlukan untuk memenuhi beban daya tambahan dari pengisian?
- Sudahkah Anda mengembangkan peta jalan pengurangan emisi?

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
https://itdp-indonesia.org/publication/support-for-	Feasibility Study of Charging Stations Using Renewable Energy-Based	ITDP dan UNEP-CTCN, 2021.

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
e-mobility-transition-in-jakarta/	Electricity and Solar PV Systems for Transjakarta	
	Insights Global Energy Perspective March 2018	McKinsey Energy, 2018,

7. Perencanaan Mitigasi dan Adaptasi Risiko Teknis terkait Elektrifikasi Transportasi Publik

Kotak 6. Definisi Istilah Utama

Blackout adalah pemadaman listrik total.

Brownout adalah pemadaman listrik sebagian yang terjadi akibat penurunan voltase pada persediaan listrik.

Stop and Go Traffic merujuk pada fenomena lalu lintas padat yang mengakibatkan kendaraan perlu melakukan pengereman secara berulang, umumnya dengan kecepatan tempuh yang rendah,

Pengoperasian bus listrik seringkali memiliki beberapa risiko teknis. Risiko yang terkait dengan pengoperasian bus listrik dapat dibagi berdasarkan komponen bus listrik yang terkena dampak: (1) **armada dan baterai**; (2) **infrastruktur pengisian daya**. Risiko paling umum pada bus listrik adalah **banjir, panas ekstrem, pemadaman listrik, dan kemacetan lalu lintas**. Bagian ini menjelaskan risiko-risiko terkait elektrifikasi transportasi publik secara garis besar. **Perencanaan mitigasi risiko yang lebih komprehensif membutuhkan perencanaan lebih detail** oleh organisasi dengan kapasitas yang sesuai.

7.1. Banjir

Banjir akan membuat depo dan rute bus listrik terendam. Hal ini dapat menyebabkan armada, baterai, dan infrastruktur pengisian daya terendam, yang merusak sarana dan prasarana yang dibutuhkan untuk mengoperasikan bus listrik. Kerusakan yang akan ditimbulkan oleh banjir sangat bergantung pada ketinggian dan intensitas banjir, serta kondisi objek yang terdampak.

Ketinggian dan skala banjir bergantung pada ketinggian lokasi, jarak lokasi dari sungai, dan kualitas sistem drainase di lokasi. Kondisi armada, baterai, dan infrastruktur pengisian daya bergantung pada persyaratan spesifikasi teknis yang dikeluarkan oleh pemerintah, serta model armada dan infrastruktur yang dipilih oleh pemerintah atau operator transportasi publik.

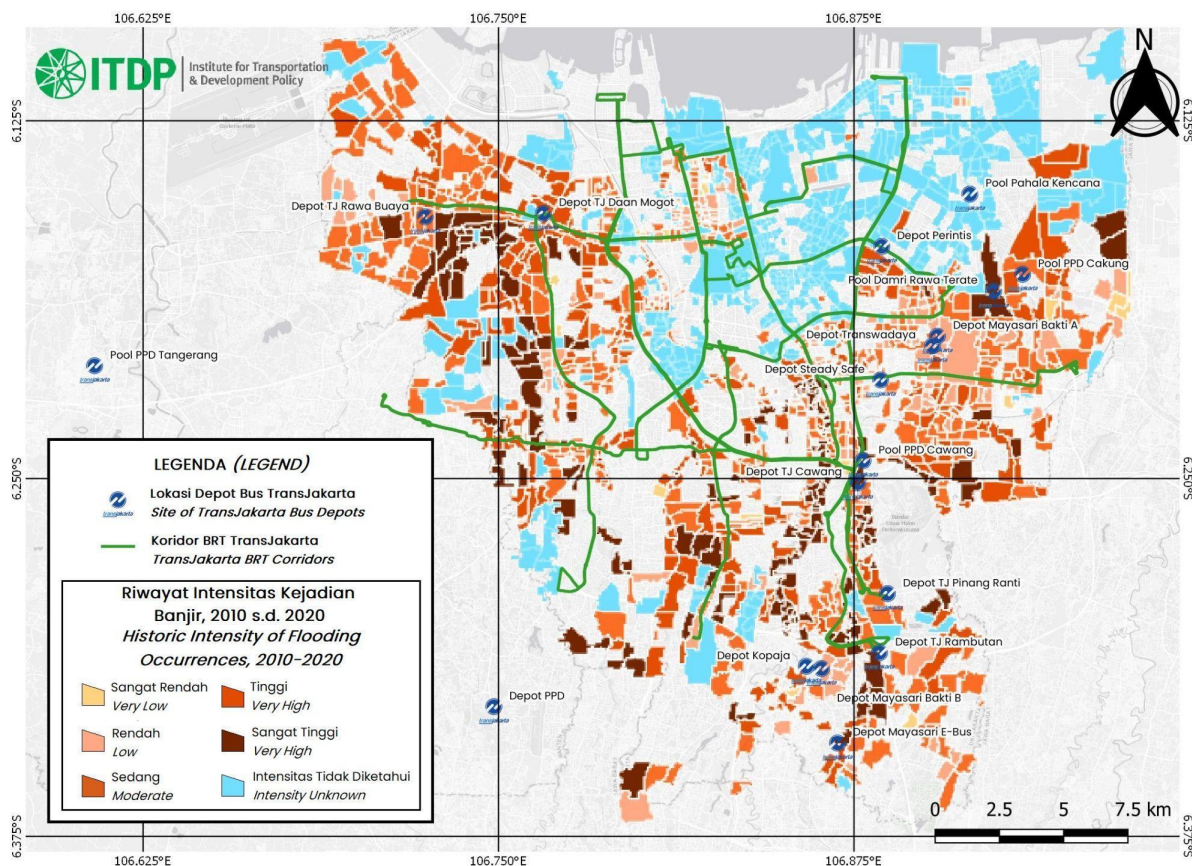
Untuk mengembangkan penilaian risiko bus listrik yang disebabkan oleh banjir, penting untuk setidaknya memiliki data historis curah hujan dan ketinggian banjir yang terjadi di sekitar lokasi. Akan lebih baik jika data historis ketinggian banjir juga dibagi menurut masing-masing wilayah di dalam kota sedetail mungkin.

Depo bus listrik seharusnya menjadi tempat yang aman bagi armada, baterai, dan infrastruktur pengisian daya saat terjadi banjir. Oleh karena itu, **penentuan lokasi depo yang sesuai menjadi sangat penting untuk meminimalisir dampak negatif dari banjir**.

Sebagai contoh, gambar di bawah ini menggambarkan peta historis banjir Jakarta yang dipetakan dengan lokasi depo dan koridor Transjakarta⁴². Semakin gelap warna cokelat, semakin tinggi banjir yang pernah tercatat di daerah tersebut. Area biru menandakan ketinggian banjir yang tidak tercatat.

Hampir semua depo Transjakarta rentan terhadap banjir. Banjir tertinggi tercatat di depo DAMRI di Rawa Terate (180 cm pada tahun 2020). Pada Depo Mayasari, baik di Cijantung maupun Klender, tercatat banjir 30 cm pada 2020. Sedangkan pada Depo Transjakarta di Cawang, terjadi banjir pada tahun 2020 setinggi 50 - 150 cm.

⁴² Berdasarkan data historis banjir hingga 2020, dan lokasi depo Transjakarta pada 2022.



Gambar 20. Peta Historikal Banjir Jakarta, 2010 - 2020, Overlay dengan Lokasi Depo dan Koridor Transjakarta

Selain itu, **memiliki persyaratan spesifikasi teknis** yang sudah mempertimbangkan dampak banjir, serta **memilih model armada** yang sesuai dengan kondisi wilayah terhadap banjir juga penting untuk dilakukan.

Misalnya, pada 2019, Dinas Perhubungan DKI Jakarta bersama Transjakarta telah menetapkan spesifikasi teknis baterai bus listrik untuk layanan non-BRT Transjakarta. Persyaratan mengenai lokasi baterai dan sistem kelistrikan juga diatur dalam spesifikasi teknis. Baterai akan ditempatkan setidaknya 30 cm di atas tanah untuk mencegah kerusakan akibat terendam air. Penting juga untuk **melatih teknisi dan pengemudi** saat menangani armada yang tergenang di banjir.

Penentuan lokasi depo sangat penting dianalisis untuk mengurangi risiko banjir. Selain itu, pemilihan model armada yang sesuai dengan spesifikasi teknis kedap air (*waterproofing*) sangat penting untuk meminimalisir kerusakan pada bus listrik.

7.2. Panas Ekstrem

Panas yang ekstrem berkaitan erat dengan penurunan kualitas baterai dan peningkatan konsumsi listrik karena penggunaan pendingin udara yang lebih intens. Hal itu akan menghasilkan pengurangan jangkauan tempuh baterai sehingga berisiko mengganggu pola operasional harian yang telah ditetapkan.

Dalam beberapa kasus, baterai yang sangat panas dapat menyebabkan bus listrik tidak dapat beroperasi dan menyebabkan kerugian untuk investasi pengadaan armada. Bahkan, operator juga berpotensi dikenakan penalti jika jumlah bus listrik yang tidak dapat beroperasi karena baterai yang *overheat* kurang dari jumlah bus listrik Siap Operasi yang ditetapkan pada kontrak.

Untuk menentukan penilaian risiko yang disebabkan oleh panas yang ekstrem, penting untuk memiliki data historis tentang suhu tertinggi yang tercatat di wilayah atau kota tempat bus listrik akan dioperasikan. Untuk

mengurangi kemungkinan terjadinya *overheating*, operator dan pihak berwenang harus menetapkan **spesifikasi teknis** yang dapat meminimalisir kerusakan akibat risiko ini. Pemilihan **jenis bahan kimia terbaik untuk baterai** sangat penting, karena setiap jenis bahan kimia baterai memiliki kisaran suhu yang berbeda-beda.

Saat pengadaan bus listrik, operator dan pihak berwenang harus memastikan agar bus memiliki **peralatan pendingin baterai (*Battery Cooling System*)** yang memenuhi persyaratan yang berkaitan dengan risiko ini. **Tahap uji coba dan pilot pada implementasi bus listrik** penting dilakukan untuk memastikan keamanan dan kesesuaian teknologi untuk pengadaan bus dalam skala besar.

Saat pengadaan bus listrik, operator dan pihak berwenang harus memastikan bus memasang alat pendingin baterai dan lulus semua uji yang terkait dengan risiko panas ekstrem.

7.3. Pemadaman Listrik

"Pemadaman listrik, terlepas dari penyebabnya, dapat terjadi sewaktu-waktu dan berpotensi mengganggu operasional. Risiko ini tidak relevan pada pengoperasian bus diesel, namun menjadi pertimbangan penting dalam operasional bus listrik yang sepenuhnya bergantung pada pasokan listrik.

Secara umum, terdapat empat jenis pemadaman listrik: **pemadaman listrik total/*blackout***, **pemadaman bergilir**, **pemadaman listrik sebagian/*brownout***, dan **gangguan permanen**.

- *Blackout* terjadi ketika pemadaman listrik terjadi di pada area atau wilayah yang sangat luas, menyebabkan kerugian yang sangat besar di seluruh wilayah dalam waktu yang lama.
- Pemadaman bergilir terjadi ketika jaringan tidak stabil atau ketika ketersediaan pasokan tidak dapat memenuhi permintaan di area tertentu, yang lebih kecil dari dampak *black out*. Berbeda dengan pemadaman sebelumnya yang tidak direncanakan, pemadaman bergilir adalah peristiwa yang direncanakan dan menyebabkan efek yang jauh lebih rendah.
- *Brownout* terjadi ketika ada penurunan tegangan listrik atau catu daya listrik, dan akan mengakibatkan ketidakmampuan beberapa peralatan yang membutuhkan tegangan lebih tinggi untuk beroperasi.
- Gangguan permanen terjadi ketika ada gangguan jaringan listrik, namun tidak akan mempengaruhi area yang luas.

Untuk menilai risiko yang disebabkan oleh pemadaman listrik, sangat penting untuk memiliki **studi yang komprehensif tentang potensi permintaan listrik tambahan** dari elektrifikasi transportasi publik dan membandingkan permintaan tambahan dengan **kapasitas dan margin cadangan yang tersedia**. Karena pemadaman listrik tidak dapat diprediksi dan dapat terjadi dalam jangka waktu yang lama, maka penting bagi pemerintah kota atau operator transportasi publik untuk memiliki 'kapasitas margin', misalnya dalam bentuk **baterai tambahan** yang dapat digunakan setiap kali terjadi pemadaman listrik atau **bus konvensional sebagai bus cadangan**.

Mengintegrasikan kebutuhan listrik dengan sumber energi terbarukan, seperti panel surya, juga dapat meminimalkan dampak negatif akibat pemadaman listrik karena dapat mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik utama. Integrasi energi terbarukan juga dapat berdampak positif bagi lingkungan. Hal ini juga akan mengurangi biaya listrik dalam jangka panjang.

Kajian komprehensif tentang kebutuhan listrik tambahan penting dilakukan untuk memastikan ketersediaan kapasitas yang dibutuhkan. Selanjutnya, integrasi energi terbarukan pada sumber listrik dapat mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik utama.

7.4. Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu risiko dari pengoperasian bus listrik. Karena, SoC baterai dapat berkurang dari rencana operasional saat bus listrik terjebak macet, dengan frekuensi *stop and go* yang tinggi. Hal ini akan menyebabkan kurangnya kepercayaan pada keandalan bus listrik. Selain itu, aktivitas pengisian daya saat operasional (*opportunity charging*) juga berpotensi terganggu jika kemacetan lalu lintas membuat waktu yang tersedia untuk *opportunity charging* menjadi berkurang. Untuk mengurangi hal ini terjadi, beberapa langkah perlu diambil, seperti:

1. Mengoperasikan bus listrik dengan ambang batas minimal SoC tertentu, sebaiknya 10%-20%.
2. Merencanakan jadwal operasi dengan mempertimbangkan konsumsi energi yang lebih tinggi selama jam sibuk.
3. Memastikan *opportunity charging* tersedia dalam perjalanan dengan waktu yang cukup.
4. Memberikan pelatihan pengemudi untuk memastikan cara mengemudi yang benar, terutama pada kondisi lalu lintas *stop and go*.

Memiliki ambang batas SoC untuk armada bus listrik, perencanaan operasional yang baik, pelatihan pengemudi, dan memastikan ketersediaan *opportunity charging* diperlukan untuk mengurangi risiko kekurangan baterai yang disebabkan oleh kemacetan lalu lintas yang padat.

Refleksi

- Apakah daerah atau kota Anda sering mengalami banjir? Seberapa sering itu terjadi? Seberapa parah dampak banjir yang biasanya terjadi?
- Apakah wilayah atau kota Anda memiliki data historis ketinggian banjir?
- Apakah depo atau terminal eksisting untuk transportasi publik di kota Anda pernah mengalami banjir?
- Apakah terdapat lahan cadangan di lokasi yang memiliki kemungkinan kecil mengalami dampak banjir besar dan bisa dijadikan sebagai lokasi depo bus listrik di kota Anda?
- Apakah kota Anda memiliki suhu harian tinggi di atas suhu tertinggi rata-rata nasional?
- Apakah daerah atau kota Anda sering mengalami pemadaman listrik? Pemadaman listrik seperti apa yang paling sering terjadi?
- Apakah pemerintah pusat sudah mengeluarkan persyaratan spesifikasi teknis yang memenuhi potensi risiko yang dapat dihadapi oleh pengoperasian bus listrik di kota Anda?

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
	Report on Resilience and Risk Mitigation Plan to Scale-Up Transjakarta E-Bus	ITDP and UK PACT, 2022
	Report on Solar PV Integration, Grid and Microbus Charging Impact Analysis	ITDP and UK PACT, 2021
https://itdp-indonesia.org/publication/support-for-e-mobility-transition-in-jakarta/	Feasibility Study of Charging Stations Using Renewable Energy-Based Electricity and Solar PV Systems for Transjakarta	ITDP and UNEP-CTCN, 2021
https://taraenergy.com/blog/power-outages-101-what-causes-them/	Power Outages 101: What Causes Them and What to Do About It	Tara Energy

8. Perencanaan Model Bisnis, Analisis Finansial, dan Mekanisme Pendanaan dan Pembiayaan Elektrifikasi Transportasi Publik

Bus listrik merupakan teknologi yang relatif baru dan terus berkembang, sehingga penerapannya di Indonesia memerlukan proses adaptasi di berbagai aspek, mulai dari pengadaan armada, pembangunan infrastruktur pendukung, hingga skema operasional. Dari sisi pembiayaan dan pengaturan kontrak, karakteristik bus listrik juga berbeda dibandingkan bus konvensional. Mengacu pada pengalaman di berbagai negara, diperlukan model bisnis yang baru dan inovatif untuk mendukung keberhasilan implementasi serta mempercepat transisi menuju sistem transportasi publik yang lebih berkelanjutan. Model-model ini umumnya melibatkan lebih dari satu pihak—tidak hanya operator swasta, tetapi juga pihak ketiga lain, misalnya produsen bus listrik, perusahaan *leasing* bus listrik, bahkan perusahaan energi untuk meringankan beban keuangan serta mendistribusikan tanggung jawab dan risiko finansial yang muncul selama masa operasional. Pemahaman mendalam terhadap berbagai model bisnis dan strategi pembiayaan akan membantu dalam merumuskan pendekatan yang paling sesuai dengan kapasitas fiskal para pemangku kepentingan serta kerangka kebijakan di Indonesia.

Kotak 7. Definisi Istilah Utama

KBLBB merupakan singkatan dari Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai.

ICEV (*Internal Combustion Engine Vehicle*) merupakan kendaraan yang memiliki sumber tenaga berupa motor bakar internal.

Kontrak Pembelian Layanan/GCC (*Gross Cost Contract*) merupakan jenis kontrak di mana operator dibayar dengan jumlah tetap yang disepakati selama durasi kontrak.

TCO (*Total Cost Ownership*) merupakan penjumlahan dari seluruh biaya dalam produk selama siklus hidup.

SPV (*Special Purpose Vehicle*) adalah anak perusahaan yang dibuat oleh perusahaan induk untuk tujuan tertentu.

VGf (*Viability Gap Fund*) Dukungan pemerintah dalam bentuk kontribusi sebagian biaya konstruksi yang diberikan secara tunai pada proyek Kerja sama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU) yang sudah memiliki kelayakan ekonomi namun belum memiliki kelayakan finansial.

8.1 Model Kontrak dan Strategi Pembiayaan Saat Ini

Otoritas transportasi publik di Indonesia biasanya memiliki dua jenis armada: armada milik sendiri dan armada milik operator berdasarkan Kontrak Pembelian Layanan (GCC). Tergantung pada jenis bus dan kotanya, masa kontrak untuk GCC di kota-kota di Indonesia bervariasi dari 1 hingga 10 tahun. Dengan GCC, operator dibayar berdasarkan kilometer tempuh produksi yang disediakan terlepas dari tingkat okupansi penumpang. Fasilitas depo biasanya disediakan dan dikelola secara mandiri oleh operator, namun juga dapat disediakan oleh pemerintah.

Peraturan tentang persyaratan kontrak seperti masa kontrak, masa pakai bus, dan kilometer kosong yang diizinkan dapat bervariasi dari satu kota ke kota lainnya. Peraturan atau persyaratan terkait hal tersebut perlu dipertimbangkan kembali saat menggunakan bus listrik yang jauh lebih mahal namun dapat bertahan lebih lama sehingga dapat digunakan secara lebih intensif untuk memulihkan biaya modal yang lebih tinggi secara efektif. Kilometer kosong akan bergantung pada strategi dan lokasi pengisian daya.

Selanjutnya, bus listrik memiliki komponen biaya tetap (*fixed cost*) yang relatif tinggi. Oleh karena itu capaian kilometer minimum tertentu per hari perlu ditetapkan agar operator dapat memenuhi dan menutup biaya tetap (*fixed cost*) seperti pembayaran biaya bunga modal terkait pembelian armada, biaya tenaga kerja, dan biaya administrasi lainnya.

Selain GCC/BTS, umumnya terdapat beberapa model kontrak alternatif yang digunakan untuk operasional transportasi publik.

Tabel 28. Perbedaan Model Kontrak NCC, MC, dan PBC Dibandingkan dengan Model BTS

No	Model Kontrak	Perbedaan Utama dengan Model BTS
1	Net-Cost Contract (NCC)	Besar subsidi yang dibayarkan oleh Pemerintah hanya mencakup selisih estimasi pendapatan dan biaya (tidak untuk seluruh komponen). Risiko demand tidak ditanggung oleh pemerintah.
2	Management Contract (MC)	Investasi aset (termasuk armada) dilakukan oleh pemerintah dan operator hanya fokus pada operasional
3	Performance-Based Contract (PBC)	Pembayaran kepada operator dilakukan berdasarkan capaian performa operator

Peraturan tentang persyaratan kontrak seperti masa kontrak, masa pakai bus, dan kilometer kosong yang diizinkan dapat bervariasi dari kota ke kota, yang perlu dipertimbangkan kembali saat menggunakan bus listrik.

8.2. Pertimbangan Utama dalam Pemilihan Model Bisnis dan Skema Keuangan

Sebelum membahas lebih lanjut mengenai pertimbangan dalam pemilihan skema keuangan dan model bisnis untuk implementasi bus listrik, perlu ditegaskan terlebih dahulu perbedaan konseptual antara “**model kontrak**” dan “**model bisnis**”. Model kontrak merujuk pada bentuk hubungan hukum antara *Public Transport Authority* (PTA) dan operator transportasi publik, misalnya *Gross Cost Contract* (GCC) atau *Net Cost Contract* (NCC), yang mengatur mekanisme pembayaran dalam pelaksanaan operasional transportasi publik.

Sementara itu, model bisnis mengacu pada konfigurasi menyeluruh dari peran, tanggung jawab, serta aliran pendanaan dan aset antar berbagai pihak yang terlibat dalam penyelenggaraan elektrifikasi transportasi publik, baik dari pembuat kebijakan (pemerintah) maupun swasta. Konfigurasi tersebut mencakup aspek investasi/ penyediaan armada dan infrastruktur, kepemilikan armada dan infrastruktur, mekanisme pendanaan, serta struktur operasional dan institusional yang mendukung keberlanjutan layanan. Dengan memahami distingsi ini, analisis dalam subbab ini diarahkan untuk mengidentifikasi faktor-faktor strategis yang memengaruhi kelayakan dan keberhasilan implementasi model bisnis serta skema keuangan yang relevan dalam konteks transisi menuju elektrifikasi transportasi publik.

Ada beberapa pertimbangan untuk menentukan skema keuangan dan model bisnis bus listrik, yaitu sebagai berikut:

1. Kebijakan Nasional dan Daerah tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai

Pada 2019, Pemerintah Republik Indonesia menerbitkan Peraturan Presiden No. 55/2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) untuk Transportasi Jalan di tingkat nasional. Saat ini sudah terdapat beberapa konsesi pajak yang tersedia untuk bus listrik, seperti pembebasan pajak barang mewah, pengurangan pajak impor, dan pembebasan PKB/BBNKB. Peraturan Presiden tersebut diperbarui melalui **Perpres No. 79/2023**.

Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menerbitkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 1 Tahun 2023 tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Daya Listrik untuk KBLBB sebagai payung hukum untuk penyediaan infrastruktur pengisian KBLBB, menetapkan berbagai jenis infrastruktur pengisian daya, persyaratan izin dan standar keselamatan yang diperlukan, serta menentukan tarif yang akan digunakan untuk pengisian KBLBB. Kementerian ESDM juga telah menetapkan formula penentuan tarif yang akan dibebankan oleh PLN untuk pengisian daya kendaraan listrik. Namun, kerangka peraturan tentang

pengoperasian bus listrik, termasuk peraturan untuk peta jalan dan keterlibatan pihak ketiga untuk berpartisipasi dalam pengoperasian bus listrik masih perlu dirincikan lebih lanjut.

Selain itu, beberapa pemangku kepentingan di tingkat provinsi juga telah melakukan beberapa inisiatif dalam rangka mendukung program elektrifikasi di wilayah masing-masing, termasuk Pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang telah ikut serta dalam *C40 Fossil Fuel-Free Streets Declaration* untuk melakukan pengadaan bus tanpa emisi dimulai dari tahun 2025 dan seterusnya. Transjakarta berkomitmen untuk melakukan pengadaan lebih dari 10.047 bus listrik selama rentang waktu tahun 2020-2030. Pemerintah Provinsi (Pemprov) DKI Jakarta juga telah menerbitkan Peraturan Gubernur Nomor 90/2021 tentang Rencana Pembangunan Daerah Rendah Karbon Yang Berketahanan Iklim yang di dalamnya mencakup mengoperasikan bus listrik sebagai armada transportasi publik berbasis BRT sebagai salah satu poin rencananya. Pada peraturan gubernur lainnya, durasi kontrak armada bus listrik di bawah layanan Transjakarta diperpanjang menjadi 10 tahun.

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta menetapkan target 100% elektrifikasi Transjakarta di 2030 pada Keputusan Gubernur DKI Jakarta (Kepgub DKI Jakarta) No. 1053/2022 tentang Pedoman Percepatan Program Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Dalam Layanan Angkutan Transjakarta. Keputusan tersebut mengatur kerangka kontrak untuk menjalankan bus listrik baterai di bawah layanan Transjakarta, yang ditetapkan menjadi kontrak biaya per kilometer antara Transjakarta dan operator.

Selain itu, Keputusan Gubernur tersebut juga mengatur pembiayaan dan pengadaan bus listrik baterai, yang memberikan fleksibilitas untuk mengimplementasikan skema pembiayaan lain (selain pembiayaan dan pengadaan oleh operator) sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku, dengan memastikan efisiensi dan efektivitas penggunaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) Provinsi DKI Jakarta.

Target yang diatur pada Kepgub DKI Jakarta No. 1053/2022 tersebut menjadi target yang mengikat di tingkat daerah, dan dipakai untuk penetapan target lainnya. Misalnya, target 50% elektrifikasi Transjakarta pada 2027 dan 100% pada 2030 tersebut juga ditetapkan sebagai bagian rencana aksi Dinas Perhubungan DKI Jakarta dan Dinas Perhubungan sebagai bagian dari Strategi Pengendalian Pencemaran Udara (SPPU), sebagaimana diatur pada Kepgub DKI Jakarta No. 576/2023.

Walaupun masih bersifat sangat holistik, seluruh kebijakan yang telah dikeluarkan di tingkat nasional dan daerah ini dapat digunakan sebagai acuan awal untuk menentukan skema keuangan dan model bisnis bus listrik. **Penetapan komitmen dan target elektrifikasi yang telah dilakukan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta** lewat keputusan gubernur juga **dapat menjadi acuan bagi daerah lain untuk menetapkan landasan hukum** terkait penetapan target elektrifikasi transportasi publik perkotaan.

2. Kebijakan Terkait Pemberian Subsidi Transportasi Publik

Pemerintah Republik Indonesia telah mengumumkan insentif langsung bagi kendaraan roda dua dan roda empat listrik. Pemerintah juga menargetkan untuk memberikan insentif Rp 192 miliar untuk 414 unit bus listrik pada tahun 2023 dan 2024. Namun, untuk transportasi publik, Pemerintah Indonesia (pusat maupun daerah) umumnya menyubsidi transportasi publik melalui **subsidi belanja modal dan belanja operasional untuk pengoperasian transportasi publik** yang tidak dapat ditutup oleh pendapatan tiket dan nontiket, termasuk **biaya bahan bakar yang digunakan untuk transportasi publik**. Pada tingkat nasional, kebijakan subsidi transportasi publik dengan kontrak berbasis layanan diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan (Permenhub) No. 9/2020 tentang Pemberian Subsidi Angkutan Penumpang Umum Perkotaan. Berbagai peraturan turunan di tingkat kementerian telah disusun sebagai panduan implementasi pemberian subsidi tersebut, misalnya pedoman perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK).

3. Kapasitas Finansial Operator Transportasi Publik

Kapasitas finansial sebagian besar operator transportasi publik belum kuat. Jika dibandingkan dengan bus listrik, kebutuhan investasi dari operator untuk bus konvensional relatif lebih kecil, mempertimbangkan bahwa sekitar 65% - 80% investasi bus dibiayai dari utang. Operator juga menerima 10% - 20% dari harga bus melalui *salvage value* dari bus.

Namun, dalam kasus implementasi bus listrik, untuk model kontrak pembelian layanan, peran operator terkait kebutuhan investasi cenderung lebih tinggi karena harga bus yang lebih tinggi, ketersediaan skema dan penyedia kredit yang masih jauh lebih rendah dibanding bus konvensional, investasi tambahan dalam infrastruktur pengisian daya, peremajaan depo, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, kapasitas keuangan operator yang tidak terlalu kuat bisa menjadi hambatan dalam proses percepatan adopsi bus listrik.

4. Peranan Institusi Utama

Institusi kunci terkait operasional bus konvensional umumnya terdiri dari (1) Dinas Perhubungan dan/atau otoritas transportasi publik; (2) operator transportasi publik (umumnya swasta); (3) produsen atau agen pemegang merk bus; (6) penyedia bahan bakar; dan (6) penyedia fasilitas depo. Dalam hal bus listrik, ekosistem juga mencakup **(1) penyedia infrastruktur pengisian daya; (2) penyedia baterai dan komponen kendaraan listrik; (3) perusahaan utilitas/penyedia tenaga listrik;** serta dan (4) insentif dan kebijakan pendukung dari pemerintah untuk adopsi bus listrik.

Semakin jelas terlihat bahwa adanya bus listrik menghadirkan peluang bisnis baru untuk memasok dan membangun infrastruktur pengisian daya dan baterai. Di beberapa negara seperti Chili, Cina, dan India, perusahaan utilitas telah mengambil pendekatan proaktif untuk meregulasi infrastruktur pengisian daya, memiliki dan melakukan penyewaan baterai, dan memasok energi listrik sekaligus berkomitmen secara penuh untuk bertransisi menuju sumber energi terbarukan.

Di sisi lain, perusahaan yang bergerak di sektor minyak bumi akan kehilangan sumber pendapatannya. Selama ini perusahaan-perusahaan tersebut dapat menikmati kondisi finansial yang baik dari mengoperasikan stasiun pengisian bahan bakar di setiap kota dan juga akses antarkota, misalnya di jalan tol. Aset-aset ini dapat dimanfaatkan untuk secara bertahap membangun fasilitas pengisian daya untuk KBLBB, dalam rangka melakukan transisi menuju energi yang lebih hijau.

5. Depo dan Infrastruktur Pengisian Daya

Depo merupakan bagian penting dari ekosistem bus listrik sebagai lokasi **pencucian, pemeliharaan armada, serta lokasi pengisian daya. Area pada depo eksisting membutuhkan ruang tambahan untuk pemasangan infrastruktur pengisian daya.** Dengan demikian, investasi tambahan diperlukan dalam menambahkan ruang depo dan membangun infrastruktur kelistrikan tambahan. Aset ini cenderung bertahan lebih lama dibandingkan durasi kontrak yang berlaku secara umum untuk bus listrik.

Lokasi depo juga sangat penting untuk operasi bus listrik karena adanya kemungkinan bus listrik harus melakukan pengisian ulang daya di depo di luar jam puncak. Strategi untuk menyediakan depo untuk bus listrik perlu dipikirkan lebih lanjut dan skema bisnis yang seperti biasa bisa jadi kurang ideal. Pemerintah kota/provinsi dapat memfasilitasi dengan mengalokasikan bidang tanah yang tersedia di lokasi yang strategis untuk dijadikan sebagai depo.

Ada beberapa pertimbangan untuk menentukan skema pembiayaan dan model bisnis bus listrik, yaitu kebijakan nasional dan daerah serta dukungan pengoperasian bus listrik berbasis baterai, kebijakan subsidi transportasi publik, kemampuan finansial operator, peran lembaga utama, dan penyediaan infrastruktur depo dan pengisian daya.

8.3. Opsi Model Bisnis dan Pembiayaan untuk Bus Listrik

Opsi pembiayaan untuk sebuah proyek akan bergantung pada struktur kontrak. Mempertimbangkan biaya akuisisi yang jauh lebih tinggi serta kurangnya pemahaman tentang tantangan operasional dan pemeliharaan bus listrik, **sebagian besar pihak berwenang lebih memilih pembiayaan bus listrik melalui skema kontrak**. Namun, sebagian besar perusahaan yang mengoperasikan bus merasa kesulitan untuk mengumpulkan modal untuk melakukan pengadaan bus listrik dan infrastruktur pengisian daya yang terkait.

Selanjutnya, ada keengganan untuk mengadopsi teknologi yang masih bersifat baru, mahal, dan masih berkembang. Beberapa strategi dan pendekatan baru yang ditempuh untuk mempromosikan dan mempercepat adopsi bus listrik secara umum sering dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 29. Alternatif Model Bisnis dan Pembiayaan untuk Bus Listrik

1. Model Bisnis Konvensional	4. Pemisahan Kepemilikan dan Operasional Bus	
2. Penyewaan Bus	Model Konsesi Ganda	Pay as You Save (PAYS)
3. Penyewaan Baterai	Penyewaan Bus Listrik oleh Perusahaan Utilitas	

Model di atas dijabarkan lebih lanjut melalui studi kasus yang diuraikan dalam poin-poin sebagai berikut:

1. Model Bisnis Konvensional

Bus listrik dapat dibiayai menggunakan model konvensional yang juga digunakan pada bus konvensional (model pembelian layanan), yaitu pembelian armada dengan mengombinasikan biaya modal dan utang untuk penyediaan bus melalui kredit yang difasilitasi oleh bank komersial. Namun, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, model konvensional ini umumnya memiliki kelemahan karena kapasitas finansial operator atau pemerintah daerah yang terbatas.

2. Penyewaan Bus oleh Perusahaan Produsen Bus/ Perusahaan Leasing

Hambatan dalam implementasi bus listrik, seperti investasi yang tinggi, ketidakpastian dalam operasi, biaya penggantian baterai, dan perubahan teknologi, dapat diatasi jika bus disewa dari produsen bersama dengan dukungan pemeliharaan. Hal ini membantu operator memperoleh keuntungan dari *Total Cost of Ownership* (TCO) yang lebih rendah dari bus listrik sejak awal penggunaannya dan memberikan waktu bagi operator bus untuk membangun kepercayaan terhadap teknologi ini.

3. Penyewaan (*Leasing*) Baterai

Biaya investasi bus listrik biasanya lebih mahal, dengan rata-rata 200% lebih tinggi dari bus konvensional, sehingga sulit bagi operator transportasi publik untuk membelinya tanpa subsidi pemerintah. Untuk mengurangi biaya, salah satu pilihan adalah menyewa baterai. Meskipun bus listrik memiliki biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan bus diesel atau BBG, biaya sewa tetap dapat tertutupi oleh penghematan yang didapat. Namun demikian, produsen bus dapat menyewakan baterai untuk memastikan tanggung jawab perawatan dan kinerja tidak terdampak oleh pemisahan kepemilikan antara bus dan baterai. Walaupun konsep ini sudah diterapkan di beberapa negara di dunia, penyewaan baterai untuk bus listrik belum umum diterapkan di Indonesia. Umumnya, produsen bus listrik memasarkan bus listrik sekaligus dengan baterainya.

4. Pemisahan Antara Kepemilikan Aset dan Operasional Bus

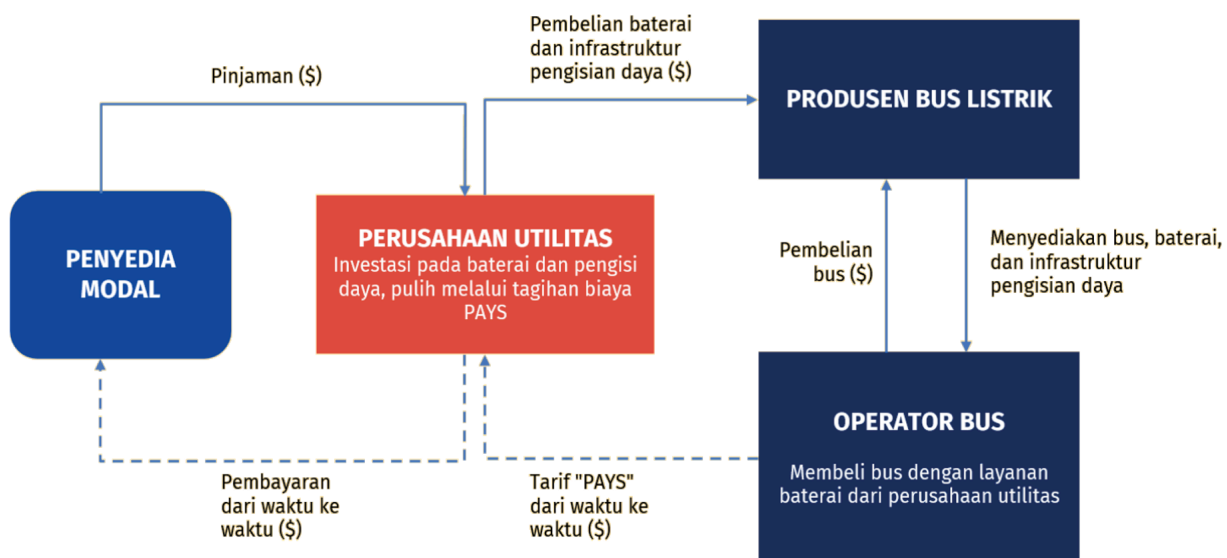
Solusi ini berfokus pada **pengalihan kepemilikan aset** infrastruktur pengisian daya bus listrik, baterai, dan armada **kepada pihak-pihak yang tertarik untuk berinvestasi dan memiliki modal yang tersedia** untuk melakukan investasi di muka. Operator kemudian akan menyewa komponen bus listrik dari pihak-pihak yang menjadi pemilik aset ini. Skema ini akan mengurangi risiko bagi operator dan mendistribusikan risiko secara merata ke seluruh pihak yang terlibat. Berbagai contoh implementasi mekanisme pembiayaan tersebut akan dijabarkan sebagai berikut.

- **Model Konsesi Ganda**

Sistem bus Transmilenio di Kota Bogota, Kolombia menggunakan skema konsesi baru yang memisahkan tanggung jawab antara pengadaan dan suplai bus listrik (konsesi pertama) dari operasi dan pemeliharaan bus listrik (konsesi kedua). Ketentuan konsesi pertama dan kedua secara berturut-turut adalah 15 tahun dan 10 tahun. Mekanisme ini akan membantu mengurangi risiko keuangan bagi para investor dan risiko teknologi bagi operator. Perusahaan utilitas, contohnya penyedia jaringan listrik, dapat diberi tanggung jawab untuk mendanai dan menyediakan infrastruktur pengisian daya.

- **Model bisnis *Pay-As-You-Save* (PAYS)**

Model PAYS memungkinkan investasi dalam transportasi bersih tanpa menambah beban keuangan bagi pelanggan seperti pada pinjaman atau sewa. Model ini diciptakan untuk membantu mengatasi hambatan dalam investasi dengan keterlibatan perusahaan utilitas. Didukung oleh *Global Innovation Lab for Climate Finance*, model ini dijelaskan secara lebih detail pada gambar di bawah.



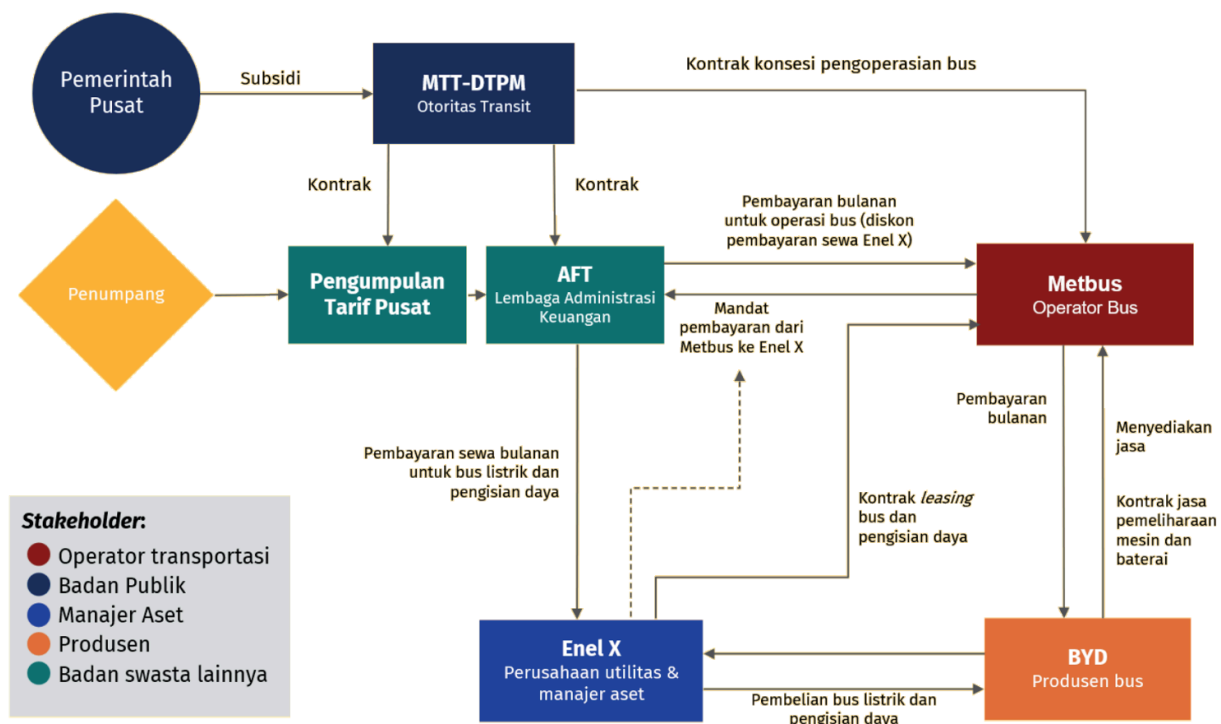
Gambar 21. Model Bisnis PAYS™. Diadopsi dari *Climate Policy Initiative*, 2018.

- Perusahaan utilitas akan melakukan investasi untuk membeli baterai dan infrastruktur pengisian daya, yang akan mengurangi biaya awal pembelian bus listrik bagi operator dan menjamin penjualan energi di masa depan. Sebagai hasilnya, operator dapat membeli bus listrik dengan harga yang sama seperti bus diesel dari produsen bus listrik.
- Perusahaan utilitas menyediakan layanan pengisian daya dan mengembalikan investasinya dengan biaya tetap yang dibayarkan oleh operator melalui tagihan listrik bulanan. Tarif yang ditetapkan akan disesuaikan dengan biaya operasi bus listrik yang lebih rendah dibandingkan bus diesel. Pendekatan ini memungkinkan operator untuk membayar biaya baterai dan stasiun pengisian daya dari waktu ke waktu, daripada melakukan pembayaran di awal dengan jumlah yang besar.

- Ketika mengesampingkan biaya baterai dan infrastruktur pengisian daya, bus listrik memiliki harga yang sebanding dengan bus diesel, dan biaya pengisian daya lebih rendah dibandingkan biaya yang dihemat dengan menggunakan bahan bakar diesel. Hal ini menunjukkan bahwa investasi awal dalam bus listrik mungkin layak dilakukan, mengingat potensi penghematan biaya bahan bakar secara jangka panjang.
- Setelah biaya yang harus dibayarkan ke perusahaan utilitas sepenuhnya pulih, aset-aset terkait akan dipindahtangankan kepada operator bus.

- **Model Penyewaan Bus Listrik oleh Perusahaan Utilitas**

Dalam model bisnis ini, perusahaan utilitas tidak hanya membangun infrastruktur pengisian dan menyuplai kebutuhan energi, tetapi juga membiayai pengadaan bus listrik dan menyewakannya kepada operator. **Model ini dapat diimplementasikan jika perusahaan utilitas memiliki kemampuan finansial yang kuat dan dibantu dengan skema penjaminan pembayaran yang sesuai.** Perusahaan utilitas memulai lini bisnis baru yang memanfaatkan modalnya dengan baik, dan secara bersamaan juga menjamin penggunaan sumber energi selama masa kontrak. Operator akan dibebaskan dari risiko pembiayaan dan risiko teknis, sementara Dinas Perhubungan mendapat manfaat dari biaya operasi yang lebih rendah dan armada yang ramah lingkungan. Gambar di bawah menunjukkan contoh bagaimana skema ini digunakan pada pengoperasian bus listrik di Santiago de Chile.



Gambar 22. Model Bisnis Metbus di Kota Santiago, Chili.

Strategi berbeda yang digunakan untuk mempercepat adopsi bus listrik secara umum dikategorikan sebagai model konvensional, penyewaan bus, penyewaan baterai, pemisahan kepemilikan bus dan operasi bus, dan *pay-as-you-save* (PAYS).

Notes: Project Financing

Kontrak pengoperasian bus listrik menjadi lebih kompleks karena karakteristik operasi spesifik dan ketergantungan pada infrastruktur pengisian daya.

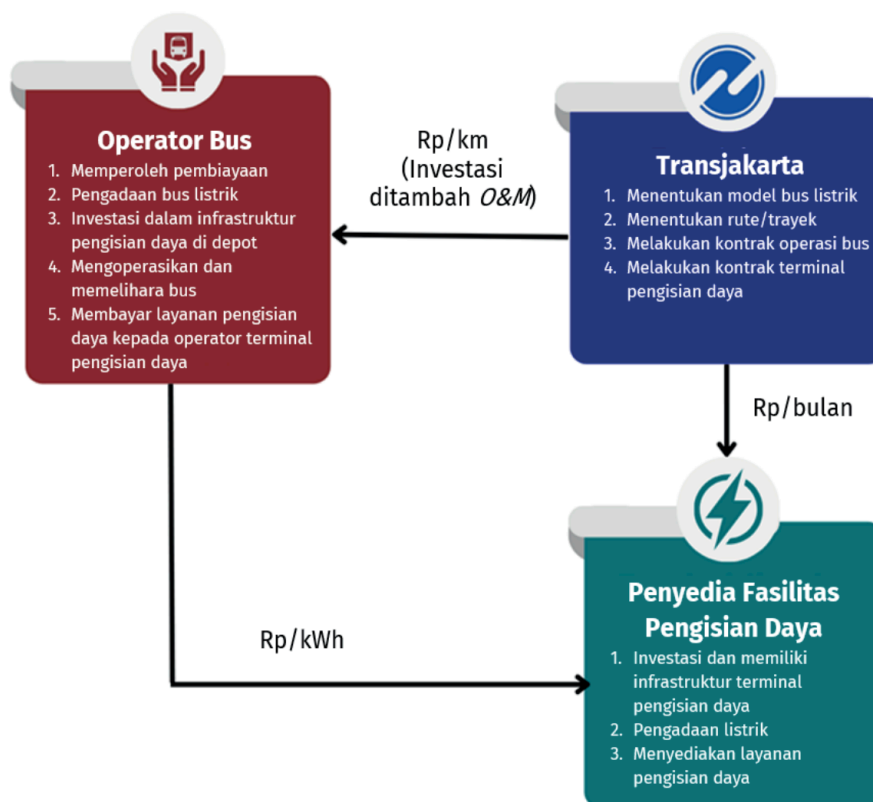
Oleh karena teknologi bus listrik masih terus berkembang, harga bus listrik cenderung menurun seiring waktu. Kondisi ini membuat nilai residu dari kontrak pengoperasian bus listrik menjadi sangat tidak pasti. Jika kontrak pengoperasian dihentikan sebelum waktu kontrak berakhir, investor akan kesulitan menentukan nilai penuh dari aset bus listrik yang sebelumnya digunakan. Ini berarti bahwa pemilik bus harus mempertimbangkan opsi alternatif seperti menjual bus listrik atau mengalihfungsikan bus listrik tersebut menjadi kendaraan operasional perusahaan atau bus sekolah sebagai satu-satunya pilihan. Hal ini terkait dengan kebutuhan Dinas Perhubungan untuk pasokan bus baru untuk kontrak baru.

Terkait hal di atas, **bank cenderung menerapkan pendekatan pembiayaan proyek untuk mendanai proyek bus listrik**. Dengan demikian, jika suatu saat mereka menganggap konsesi tersebut tidak *bankable*, maka mereka mungkin akan memerlukan pihak eksternal sebagai penjamin, dukungan kredit, atau jaminan secara langsung.

Studi Kasus Opsi Kontrak dan Pembiayaan: Pemisahan Kepemilikan Aset dan Pengoperasian Bus Listrik Transjakarta

1. Pelibatan Charging Service Provide untuk Pengisian Daya di Terminal

Berdasarkan *benchmark* praktik internasional untuk pembiayaan bus listrik serta diskusi dengan berbagai pemangku kepentingan (seperti Transjakarta, institusi keuangan, produsen bus listrik, operator, dan Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta), berikut model bisnis yang dinilai relevan (pemisahan kepemilikan aset dan pengoperasian) untuk bus listrik Transjakarta.



Gambar 23. Pelibatan Charging Service Provider untuk Pengisian Daya di Terminal

Dalam model bisnis ini:

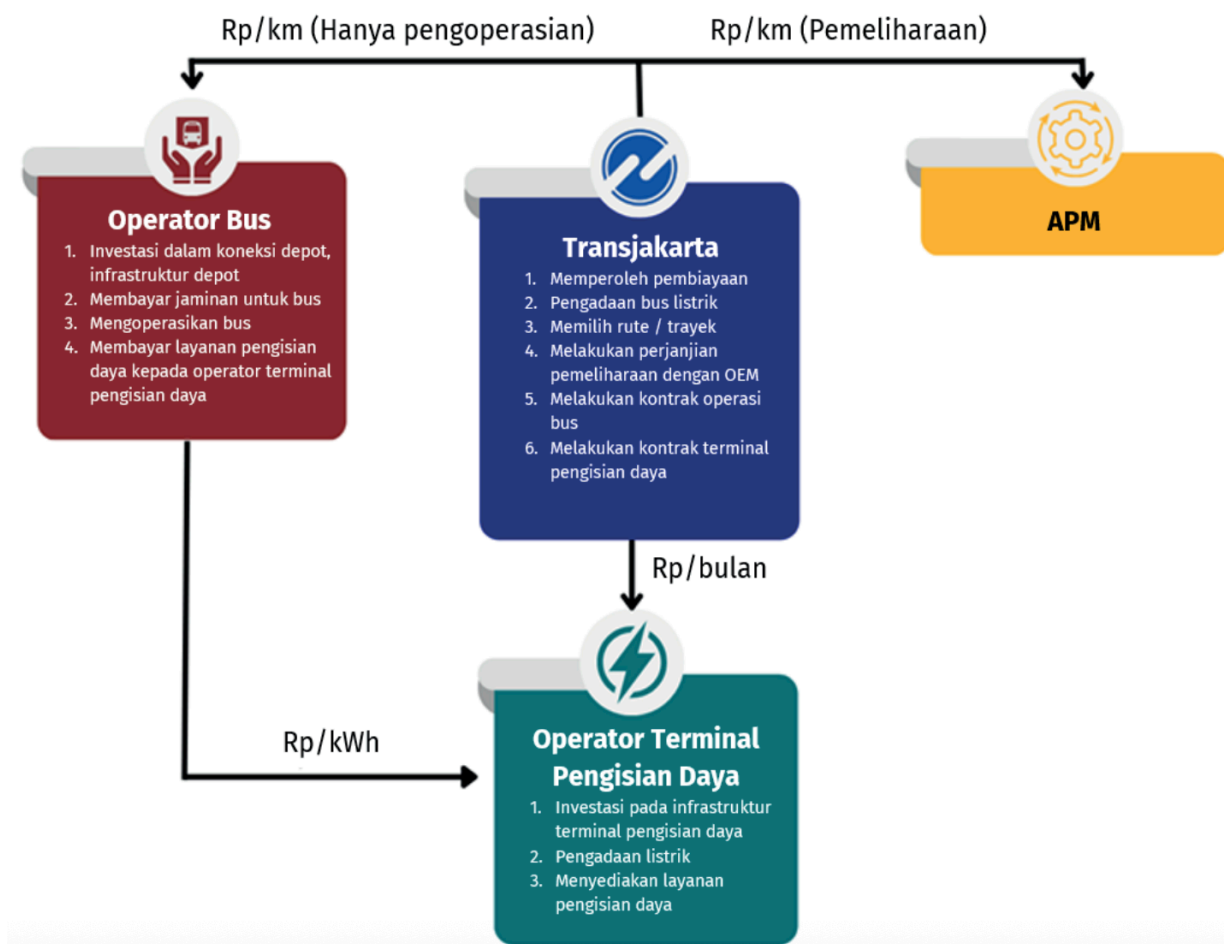
- a. Operator memperoleh bus listrik dan berinvestasi dalam menyediakan infrastruktur pengisian daya di depo.
- b. Transjakarta menyediakan infrastruktur pengisian daya pada terminal yang dibutuhkan melalui model kolaborasi antar sektor publik dan swasta yang persyaratan investasinya minimal.
- c. Penyedia Layanan Pengisian Daya atau *Charging Service Provider* (CSP) berinvestasi dalam infrastruktur pengisian daya terminal dan mengoperasikan serta memeliharanya, dan menerima kompensasi dari:
 - Transjakarta yang telah menyediakan infrastruktur, sebesar jumlah yang disepakati per bulan.
 - Operator, sebesar energi yang digunakan.
- d. Transjakarta membayar operator bus berdasarkan besaran Rp/km yang disepakati.

Keuntungan dan kerugian dari model ini dirangkum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 30. Kelebihan dan Kekurangan Model Pelibatan Charging Service Provider untuk Pengisian Daya di Terminal

Keuntungan	Kerugian
Mekanisme pengaturan dan kelembagaan sudah ada.	Operator juga perlu berinvestasi dalam infrastruktur pengisian daya.
Model sederhana.	Bank ragu untuk memperluas pembiayaan untuk teknologi baru.
Semua pihak sudah paham dengan prosesnya.	Tidak semua operator bus memiliki kemampuan finansial untuk mengatur uang muka.

2. Penyediaan Bus oleh Transjakarta atau SPV Menggunakan *Concessional Financing*



Gambar 24. Penyediaan Bus oleh Transjakarta atau SPV Menggunakan Concessional Financing

Biasanya, biaya dana untuk operator swasta lebih tinggi daripada entitas pemerintah. Keuntungan dari pendanaan pemerintah ini digunakan dalam model bisnis ini adalah sebagai berikut:

- Transjakarta atau SPV menyediakan bus listrik dan mengalokasikannya kepada operator.
- Transjakarta atau SPV memastikan perawatan bus melalui kontrak jangka panjang dengan APM/OEM.
- Operator berinvestasi dalam infrastruktur pengisian daya di depo.
- Transjakarta atau SPV mengatur infrastruktur terminal pengisian daya yang dibutuhkan, melalui kolaborasi dengan pihak swasta yang persyaratan investasinya minimal.
- Penyedia Layanan Pengisian Daya (CSP) berinvestasi dalam infrastruktur pengisian daya terminal, mengoperasikan serta memeliharanya, dan menerima kompensasi dari:
 - Penyediaan infrastruktur oleh Transjakarta atau SPV – sebesar jumlah yang disepakati per bulan.
 - Operator – sebesar batas energi yang digunakan.
- Transjakarta atau SPV membayar operator bus berdasarkan besaran Rupiah/km yang disepakati untuk mengoperasikan bus.
- Transjakarta atau SPV juga mengatur dana untuk bunga dan pelunasan pokok.

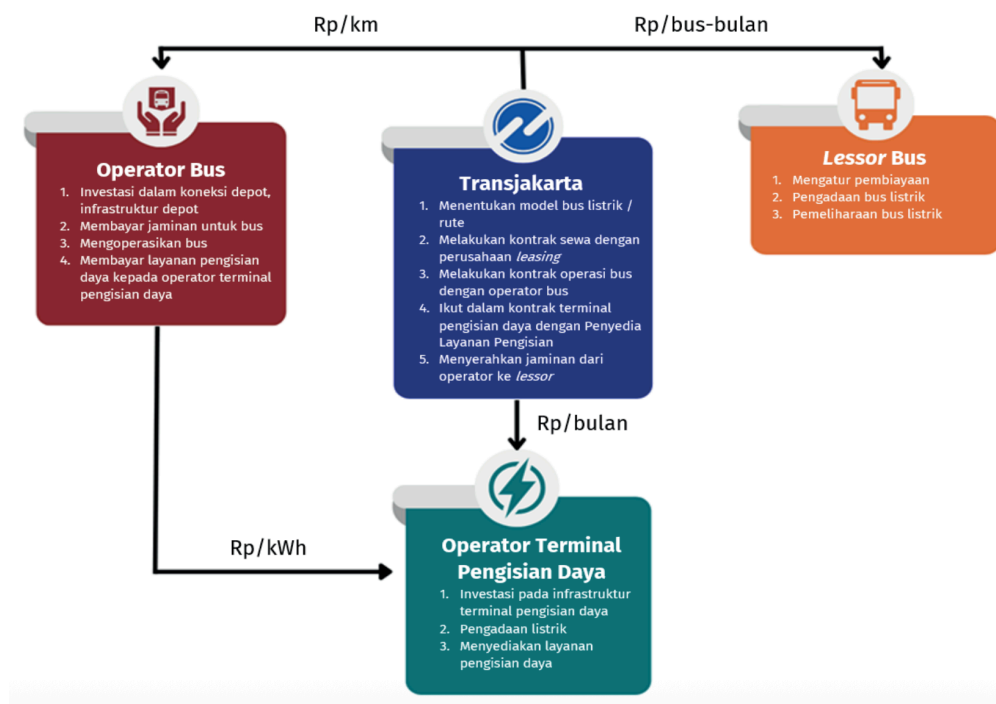
Keuntungan dan kerugian dari model ini dirangkum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 31. Kelebihan dan Kekurangan Penyediaan Bus oleh Transjakarta atau SPV Menggunakan Concessional Financing

Keuntungan	Kerugian
------------	----------

Biaya pembiayaan efektif yang lebih rendah.	Transjakarta lebih memilih model aset <i>lite</i> .
Lebih mudah bagi operator untuk mengadopsi teknologi baru.	Pemerintah provinsi enggan mengambil kewajiban tambahan dalam bentuk pinjaman dan jaminan.
Transjakarta memiliki kendali penuh atas aset tersebut.	Operator tidak mengelola aset ketika aset tersebut tidak dimiliki oleh mereka.

6. Bus Listrik Diperoleh Melalui Mekanisme Sewa atau *Leasing*



Gambar 25. Mekanisme Sewa atau *Leasing* untuk Bus Listrik

Investor institusi besar dan *green funds* tertarik untuk berinvestasi dalam teknologi ramah lingkungan seperti bus listrik. Institusi semacam itu juga memiliki keuntungan dari biaya dana yang lebih rendah. Model ini mengusulkan untuk menggunakan pendanaan mereka melalui model *leasing* sebagai berikut:

- Transjakarta memperoleh bus listrik dari *lessor* dan mengalokasikannya kepada operator.
- Operator (melalui Transjakarta) memberikan uang jaminan yang cukup kecil untuk penyewaan bus.
- Lessor* memastikan pemeliharaan bus melalui kontrak jangka panjang dengan APM/OEM.
- Operator berinvestasi dalam infrastruktur pengisian depo.
- Transjakarta mengatur ketentuan infrastruktur pengisian terminal melalui Penyedia Layanan Pengisian Daya (CSP) yang berinvestasi pada infrastruktur pengisian daya di terminal dan mengoperasikan serta memeliharanya. Kemudian kompensasi akan diterima dari:
 - Transjakarta yang telah menyediakan infrastruktur (besar kompensasinya disepakati per bulan),
 - Operator (sebesar energi yang digunakan).
- Transjakarta membayar biaya sewa bulanan kepada *lessor*.
- Transjakarta membayar operator bus berdasarkan besar Rupiah/km yang disepakati untuk mengoperasikan bus.

Keuntungan dan kerugian dari model ini dirangkum dalam tabel di bawah ini:

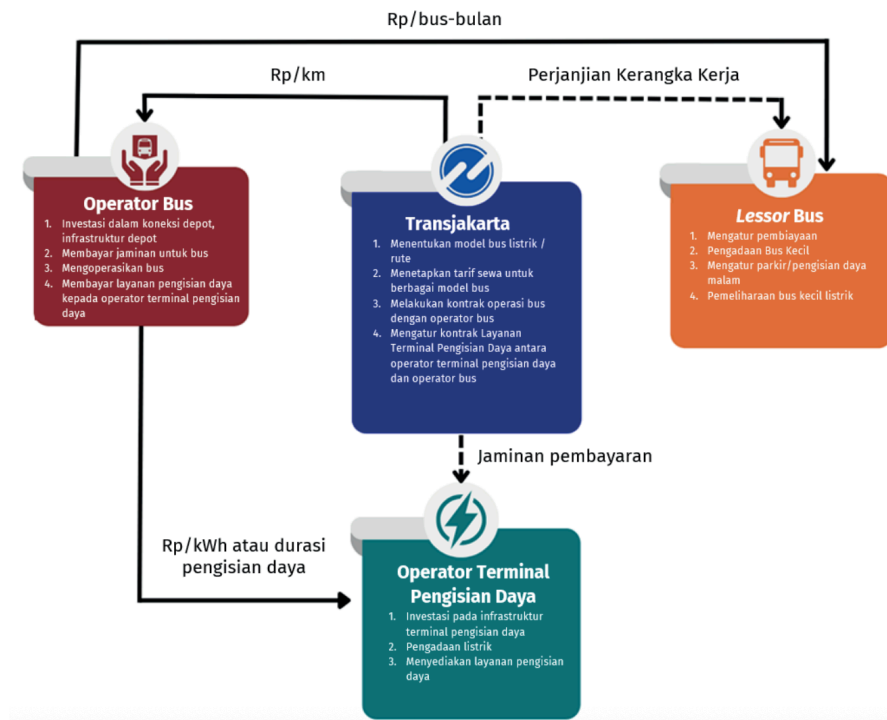
Tabel 32. Kelebihan dan Kekurangan Model Sewa atau Leasing

Kelebihan	Kekurangan
Baik Transjakarta maupun operator tidak perlu berinvestasi dalam pengadaan bus listrik.	Model kontrak lebih kompleks dan baru di Indonesia.
Biaya dana lebih rendah dibandingkan dengan operator yang memiliki bus listrik.	Kerangka peraturan saat ini mengatur operator untuk memiliki armada.
Model tersebut sudah digunakan untuk transportasi publik menengah.	Otoritas transportasi publik mungkin perlu memberikan jaminan kepada penyewa atas nama operator.

Model Bisnis untuk MPU Berbasis Listrik untuk Layanan Pengumpan

Berbeda dengan bus besar ataupun bus sedang, terdapat beberapa kondisi khusus dalam pengoperasian layanan pengumpan di Transjakarta, sehingga memerlukan model bisnis terpisah dibandingkan dengan bus besar/sedang yang dimiliki oleh operator bus. Kondisi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kepemilikan individu – kemampuan terbatas untuk meningkatkan investasi dan pinjaman di muka yang lebih tinggi.
2. Hubungan kontraktual – hubungan kontraktual Transjakarta adalah dengan koperasi dan tidak langsung dengan pemilik bus.
3. Pemilik bus tidak memiliki pengalaman perawatan bus listrik.
4. Tidak tersedianya depo untuk pengisian di malam hari.
5. Mirip dengan kendaraan penumpang, bus kecil listrik juga dapat melakukan pengisian daya di Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU).



Gambar 26. Model Bisnis Mikrotrans, MPU Berbasis Listrik di Bawah Layanan Transjakarta

Mengingat banyaknya operator bus kecil berbasis koperasi, peran koperasi diusulkan untuk dialihkan ke perusahaan *leasing* di mana selain pengadaan, pembiayaan bus listrik, juga akan memastikan pengisian dan pemeliharaan bus listrik. Operator hanya akan mengoperasikan bus.

Cara kerja model ini adalah sebagai berikut:

- Transjakarta memilih model bus kecil listrik yang sesuai berdasarkan kesesuaian operasional dan memiliki biaya operasional yang sudah lebih kompetitif dibandingkan bus konvensional, selama durasi kontrak.
- Transjakarta mengadakan perjanjian kerangka kerja dengan *lessor* yang dipilih melalui proses yang kompetitif. Perjanjian kerangka kerja, antara lain mengatur:
 - Penempatan armada yang ditargetkan.
 - Jaminan pengaturan escrow untuk melakukan pembayaran biaya sewa dari biaya operator.
 - Persyaratan kualitas bus.
 - Aspek operasional termasuk menjalankan dan mengisi daya setiap hari.
 - Ketentuan penggantian operator jika kinerjanya buruk.
- Transjakarta menunjuk operator yang harus mendapatkan bus listrik yang disewa dari perusahaan *leasing* yang dipilih sebelumnya oleh Transjakarta.
- Operator menyediakan uang jaminan yang cukup kecil untuk penyewaan bus.
- Lessor* memastikan pemeliharaan bus.
- Transjakarta membayar operator bus berdasarkan besar kontrak Rupiah/km yang disepakati.

Studi Kasus: Perencanaan Model Bisnis untuk BRT Medan Raya dan Bandung Raya⁴³

Beberapa opsi model bisnis telah dikembangkan untuk BRT Listrik Medan Raya dan Bandung Raya. Namun, sebelum mengembangkan model bisnis bus listrik, dilakukan analisis terhadap model bisnis transportasi publik berbasis jalan di Medan Raya dan Bandung Raya saat ini.

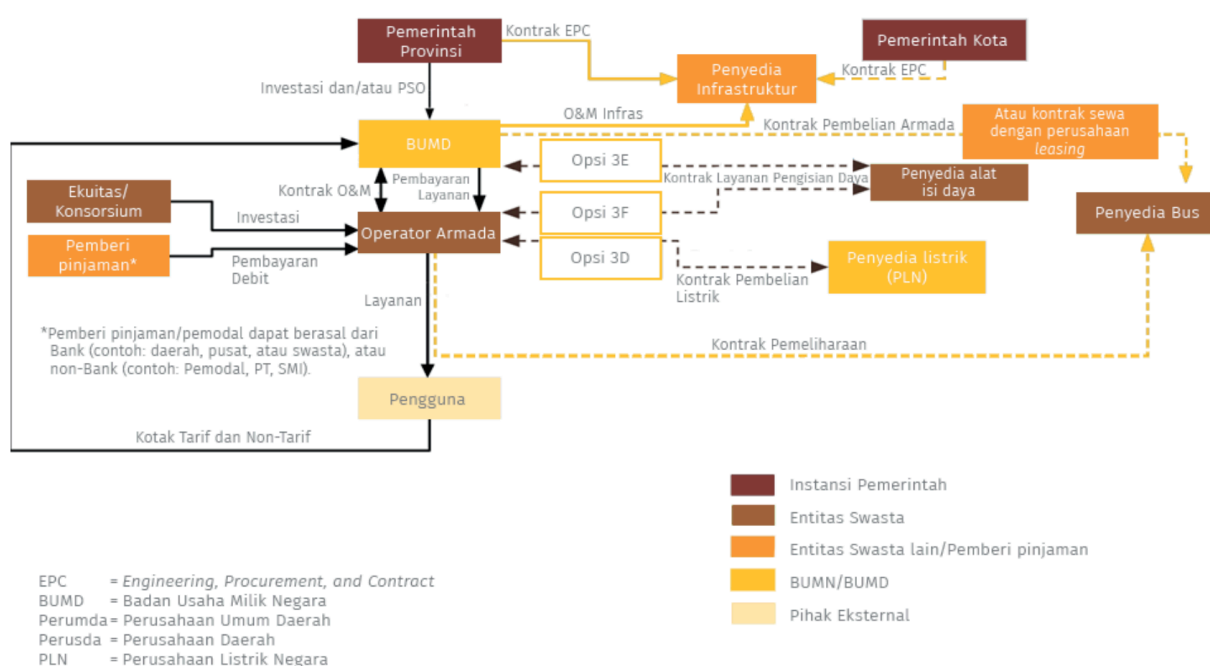
Selain memiliki transportasi publik informal atau semiformal (angkutan kota, “angkot”), Bandung Raya telah dilayani oleh layanan Trans Metro Bandung yang dikelola oleh BLU UPTD Angkutan Dinas Perhubungan Kota

⁴³ E-mobility Adoption Roadmap for Greater Bandung and Greater Medan Bus Rapid Transit Systems - Day 2. ITDP Indonesia. Dec 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=PpyCoapQVx8>

Bandung dan layanan *Buy-the-Service* (BTS) Teman Bus dari Kementerian Perhubungan, bernama Trans Pasundan. Mirip dengan Bandung Raya, Medan Raya sudah memiliki Trans Mebidang dan BTS Teman Bus Trans Metro Deli.

Alternatif model bisnis dikembangkan dengan mempertimbangkan model kelembagaan, potensi keterlibatan sektor swasta, penanggung jawab aset, jenis pengadaan, dan durasi kontrak. Secara umum, kontrak layanan dibagi menjadi dua jenis:

- Bundled contract*, di mana operator bus listrik membeli armada, melakukan operasi dan pemeliharaan, dan menyediakan depo yang dibutuhkan. Model ini serupa dengan model GCC yang sudah diimplementasikan untuk bus listrik Transjakarta.
- Unbundled contract* (disebut juga *management contracting*), di mana Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) akan melakukan pembelian bus listrik kepada produsen atau APM bus. Operator bus listrik hanya melakukan operasional, pemeliharaan, dan penyediaan fasilitas depo. Operator bus listrik juga dapat melakukan kontrak pemeliharaan dengan penyedia layanan.



Gambar 27. Service Payment O&M – Unbundled (Split Model) dengan BUMD untuk BRT Listrik Medan Raya dan Bandung Raya⁴⁴

Rekomendasi model bisnis dirangkum di bawah ini:

- Implementasi bus listrik di Bandung Raya dan Medan Raya dapat menggunakan model bisnis pembelian layanan (BTS) untuk potensi kontrak 10 tahun, dengan BUMD berperan sebagai agen kontrak dan memiliki fleksibilitas pendanaan.
- Pembentukan BUMD merupakan sebuah tantangan, karena risiko politik dapat terjadi selama diskusi dengan pemerintah provinsi dan DPRD. Sehingga, menggunakan BUMD yang sudah ada dan memperluas cakupan tanggung jawabnya dapat dipertimbangkan.
- Kontrak antara pemerintah provinsi dan BUMD dan operator bus untuk pengumpulan tarif, serupa dengan sistem BRT saat ini di Indonesia, dapat menjadi pilihan. BUMD akan memungut sebagian besar tarif untuk pembayaran layanan kepada operator, dengan sebagian menutupi biaya operasional.
- Skema PPP bisa menjadi model yang berkelanjutan di masa depan, dengan BUMD berfungsi sebagai Badan Kontrak Pemerintah/GCA. Fasilitas seperti *viability gap fund* (VGF) dan jaminan

⁴⁴ E-Mobility Adoption Roadmap for the Indonesian Mass Transit Program, Part II. Implementation strategies to adopt e-mobility in the mass transit systems in BBMA and Mebidangro.

proyek dari PT Penjamin Infrastruktur Indonesia (PII) dapat mengurangi biaya di muka, dan konsesi kontrak dapat mencapai tingkat pelayanan maksimal bus listrik, berpotensi melebihi 14-15 tahun. Periode konsesi yang lebih lama mungkin diperlukan untuk fleksibilitas operator pada ROI⁴⁵.

- Dukungan pemerintah sangat penting untuk mengimplementasikan bus listrik, karena beban fiskal pemerintah daerah akan meningkat secara signifikan. Subsidi untuk pembelian armada dan insentif untuk pemerintah daerah, seperti di Chili, India, dan Cina, dapat dipertimbangkan untuk mengurangi biaya di muka dan mempercepat implementasi.
- Aliran pendapatan baru untuk operator bus listrik jangka menengah atau panjang juga dapat dihasilkan dari fasilitas pengisian kendaraan umum (SPKLU). Ini bisa menjadi potensi strategi bisnis di masa depan.

1. Studi Kasus Skema Pendanaan: Elektrifikasi Transjakarta

Skema pendanaan mengacu pada proses mengarahkan sumber daya keuangan dari satu sumber ke sumber lain untuk tujuan atau investasi tertentu. Dengan skema saat ini, pendanaan pengoperasian Transjakarta sebagian besar berasal dari kewajiban pelayanan publik (PSO) Pemerintah Jakarta dan pinjaman dari bank komersial lokal yang melalui operator swasta untuk pengadaan armada.

Namun, sudah ada beberapa lembaga yang tertarik untuk mendukung pendanaan yang dibutuhkan untuk elektrifikasi Transjakarta, mulai dari program hibah hingga lembaga nasional, PT Sarana Multi Infrastruktur (SMI), lembaga kredit ekspor, lembaga pembiayaan pembangunan, dan perusahaan jasa keuangan swasta.

Skema pendanaan biasanya dikembangkan untuk memenuhi tujuan sebagai berikut:

- a. Meningkatkan aksesibilitas terhadap pembiayaan.
- b. Memberikan solusi inovatif untuk tantangan pembiayaan.
- c. Meningkatkan akses ke layanan keuangan yang terjangkau.
- d. Menciptakan solusi pembiayaan yang berkelanjutan.
- e. Mempercepat kemajuan pengoperasian bus listrik.
- f. Memberikan kepastian dan transparansi.
- g. Menciptakan sistem pertanggungjawaban.
- h. Meningkatkan efisiensi.
- i. Membangun kapasitas dan memperkuat struktur kelembagaan.
- j. Menstimulasi pertumbuhan dan pembangunan ekonomi

Beberapa alternatif skema pendanaan melalui **skema pratransaksi** telah dikembangkan untuk memenuhi potensi dukungan yang diberikan oleh lembaga-lembaga tersebut. Pada prinsipnya, mirip dengan memilih opsi kontrak dan pembiayaan untuk bus listrik, memilih opsi skema pendanaan harus mengidentifikasi kebijakan nasional dan daerah dan dukungan untuk pengoperasian bus listrik baterai, kebijakan subsidi transportasi publik, kapabilitas keuangan operator, peran lembaga penting, dan penyediaan depo infrastruktur pengisian daya.

Diskusi pemangku kepentingan dengan pemerintah, Transjakarta, dan konsultasi pasar awal dengan pelaku industri bus listrik dan lembaga pembiayaan sangat penting untuk memahami peran lembaga yang ada dan potensial, mengidentifikasi kekhawatiran masing-masing pemangku kepentingan, dan keinginan lembaga kunci untuk keterlibatan mereka dalam mendukung elektrifikasi. Selain itu, alternatif skema pendanaan yang dikembangkan untuk elektrifikasi Transjakarta juga perlu mencermati:

45

Memperoleh pinjaman untuk jangka waktu yang panjang bisa menjadi tantangan. Untuk mengatasi masalah ini, kontrak dapat dibagi menjadi dua tahap: periode utama yang terdiri dari pembayaran utang dan biaya per kilometer yang lebih tinggi, dan periode kedua tanpa pembayaran utang dan biaya yang lebih rendah. Pendekatan serupa telah digunakan di negara bagian Gujarat, India, pada tahap awal implementasi panel surya. Selama 12 tahun pertama, tarif yang lebih tinggi diterapkan, dilanjutkan oleh tarif yang secara signifikan lebih rendah.

- a. **Dasar Hukum dan Persyaratan.** Pada studi elektrifikasi Transjakarta dengan dukungan UK PACT, analisis kelayakan hukum dikembangkan untuk mengidentifikasi dasar hukum dari alternatif skema pendanaan, hambatan dan rekomendasi hukum, pemangku kepentingan yang terlibat, serta perkiraan waktu pemrosesan setiap alternatif skema pendanaan dari sudut pandang regulasi.
- b. **Biaya Modal.** Biaya modal rata-rata tertimbang (WACC) dari setiap skema pendanaan perlu dievaluasi untuk memastikan bahwa sumber daya dialokasikan secara efisien dan dipilih opsi yang paling layak secara finansial.

Setelah mengevaluasi beberapa pertimbangan di atas, dikembangkan 5 alternatif skema pendanaan untuk elektrifikasi Transjakarta, yaitu:

- A. Pendanaan Publik
 1. Non-GGL (*Government Guarantee Letter*): PT SMI memberikan pinjaman daerah kepada Pemerintah Jakarta.
 2. Non-GGL: Kombinasi pinjaman daerah dan obligasi yang diterbitkan oleh PT SMI.
 3. GGL: Badan Kredit Ekspor/*Exporting Credit Agencies* (ECA) atau *Development Financial Institution* (DFIs), kepada Pemerintah (two-step loan/ pinjaman dua tahap).
- B. Pendanaan Swasta
 1. Pinjaman dari bank umum kepada sektor swasta.
 2. Pembiayaan sekuritas.

Matriks yang menunjukkan alternatif skema pendanaan dan karakteristiknya disajikan pada **Tabel 33** di bawah ini.

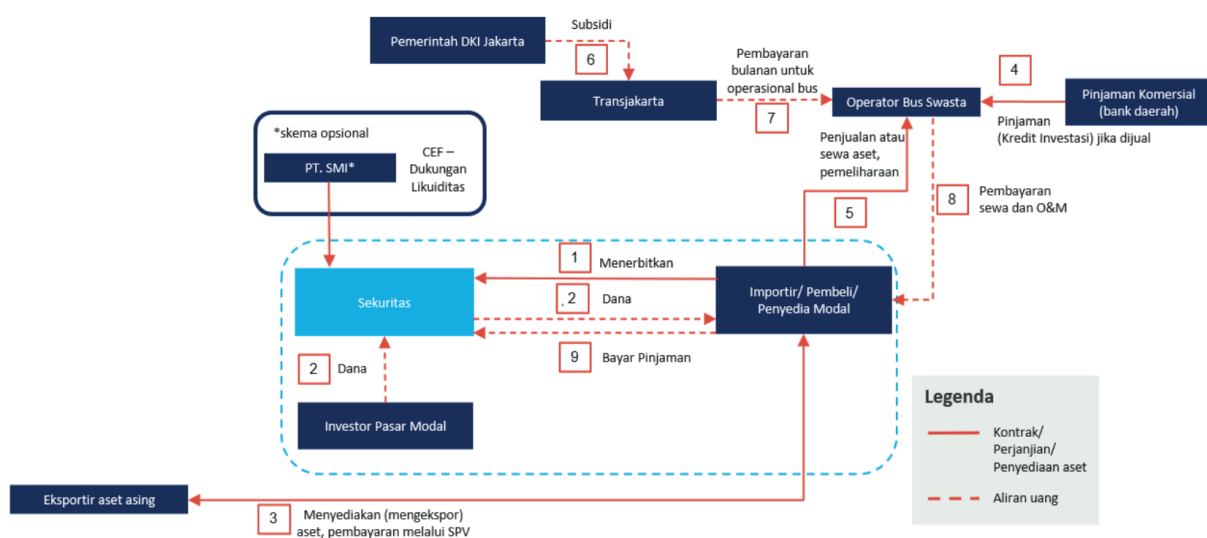
Tabel 33. Rangkuman Alternatif Skema Pendanaan

Sumber Pendanaan	Skema	Deskripsi	GGL*	SPV**	Instrumen investasi/ pendanaan lain	WACC
Publik	A-1	PT SMI menyediakan Pinjaman Daerah (Pinda) kepada Pemerintah Provinsi DKI Jakarta	✗	✓	✗	7.21%
	A-2	Kombinasi Pinda dan instrumen investasi yang dikeluarkan oleh PT SMI	✗	✓	✓	7.39%
	A-3	Pinjaman <i>Development Financial Institutions (DFIs)</i> atau <i>Export Credit Agencies (ECAs)</i> kepada Pemerintah (<i>2-step loan</i>)	✓	✓	✗	6.86%
Privat/ swasta	B-1	Pinjaman dari bank daerah dan bank komersial, termasuk <i>Export Credit Agencies (ECAs)</i> / <i>Development Financing Institutions (DFIs)</i>	✗	✗	✗	10.08%
	B-1A	Pinjaman dari bank komersial asing kepada sektor swasta - <i>Business as Usual (BaU)</i>	✗	✗	✗	10.18%
	B-2	Penggunaan obligasi sebagai instrumen investasi	✗	✓	✓	11.32%
	B-2, Alt 1	Penggunaan Reksa Dana Penyertaan Terbatas (RDPT) sebagai instrumen investasi, SPV sebagai pemilik aset	✗	✓	✓	9.89%
	B-2, Alt 2	Penggunaan RDPT, <i>finance lease</i> kepada operator	✗	✓	✓	10.03%
	B-2, Alt 3	Penggunaan RDPT, perjanjian sewa antara SPV dan perusahaan leasing	✗	✓	✓	10.54%

Secara khusus, SPV adalah badan hukum yang dibuat untuk mengisolasi risiko keuangan yang berhubungan dengan program elektrifikasi. Dapat berupa perusahaan baru atau anak perusahaan Transjakarta. Alasan memperkenalkan SPV dalam konteks ini adalah karena aspirasi dari Transjakarta, di mana Transjakarta memiliki keengganan untuk memiliki atau mengelola aset. Karenanya, peran ini kemudian dialihkan ke SPV.

Salah satu skema pendanaan yang dikembangkan adalah Skema B-2: Sektor Swasta⁴⁶ Menerbitkan Produk Pembiayaan untuk Membiayai Proyek. Melalui skema ini, pihak swasta akan menerbitkan produk pembiayaan (*green fund* atau produk pembiayaan lainnya) ke pasar modal. Sektor swasta akan mengumpulkan dana dari investor pasar modal dan mengelola dana untuk kepentingan proyek.

Partisipasi ECA dan DFI, pinjaman kredit investasi dari bank komersial lokal kepada operator bus, dan dukungan likuiditas dari PT SMI adalah opsional dalam skema ini. Skema tersebut ditunjukkan pada **Gambar 28** di bawah ini, sedangkan pembiayaan terstruktur secara rinci dan instrumen pembiayaan yang digunakan skema ini akan dianalisis lebih lanjut.

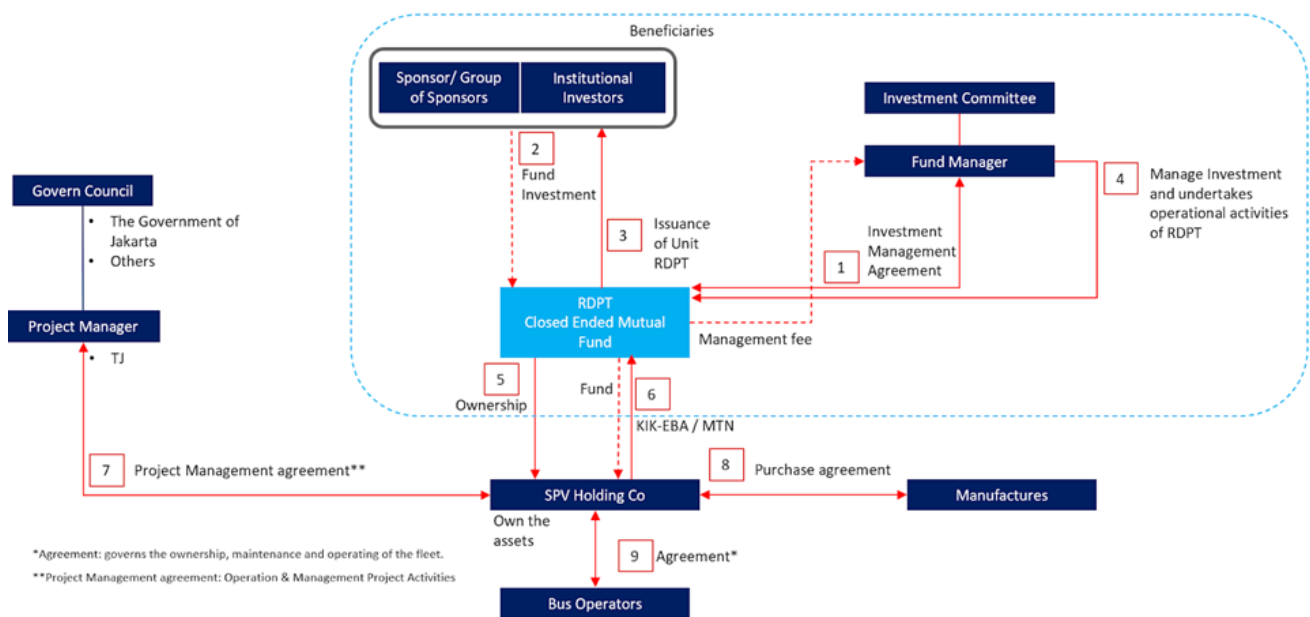


Gambar 28. Skema B-2: Sektor Swasta Menerbitkan Produk Pembiayaan Untuk Membiayai Proyek

Seperti yang terlihat pada bagian kotak biru pada gambar di atas, sumber dana utama untuk skema ini adalah “sekuritas”, yang merupakan salah satu produk pembiayaan yang dikeluarkan oleh penyedia modal atau sektor swasta lainnya yang akan berpartisipasi dalam proyek tersebut. Di antara sekuritas (saham, obligasi, dan Reksa Dana) yang beredar di pasar, Reksa Dana dianggap paling layak untuk dimanfaatkan dalam rangka elektrifikasi Transjakarta. Secara khusus Reksa Dana yang akan dikaji lebih lanjut adalah **Reksa Dana Penyertaan Terbatas (RDPT)**.

Dalam pengembangan RDPT sebagai salah satu alternatif elektrifikasi Transjakarta, dikembangkan tiga alternatif struktur pembiayaan. Salah satu alternatifnya adalah membentuk **SPV, yaitu pengelola aset** yang memiliki aset yang terkait dengan elektrifikasi, seperti armada bus listrik, infrastruktur pengisian daya, dan lain-lain. Mereka akan menandatangani perjanjian sewa operasi dan kontrak operasional dan pemeliharaan langsung dengan operator bus, dan menyepakati perjanjian pembelian dengan produsen bus listrik terkait, APM, atau penyedia infrastruktur pengisian daya.

⁴⁶ Importir atau pemberi modal.



Gambar 29. Skema B-2, Alternatif 1

Implementasi skema tersebut dapat diwujudkan dalam empat tahap utama:

1. Tahap I
 - a. Manajer Investasi (*Fund Manager*) memiliki perjanjian kerja sama korporasi dengan Transjakarta untuk proyek pengoperasian bus listrik.
 - b. Transjakarta memeringkat dan memilih rute dan operator yang memenuhi syarat dari keuangan dan komersial.
 - c. *Fund Manager* dan Transjakarta melakukan studi kelayakan proyek pengoperasian bus listrik yang memenuhi syarat.
2. Tahap II (Penerbitan RDPT)
 - a. *Fund Manager* menerbitkan RDPT.
 - b. Penerima manfaat membeli unit RDPT:
 - i. Lembaga investor membeli unit RDPT: *Promissory Notes*.
 - ii. Sponsor membeli unit RDPT Emiten: *Quasi Equity, Ekuitas*.
3. Tahap III
 - a. Sponsor mendirikan SPV Holding Co (untuk kepemilikan aset).
4. Tahap IV
 - a. Transjakarta memiliki perjanjian kontrak dengan operator terpilih.
 - b. Perjanjian penjualan antara SPV Holding Co dan produsen bus.
 - c. *Operational Lease* antara SPV Holding Co dan Operator.
 - d. Perjanjian O&M antara SPV Holding dan O&M Co.
 - e. Pemerintah DKI Jakarta memberikan subsidi operasi untuk membeli layanan dari operator.

Keuntungan dan tantangan dari skema ini ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 34. Keuntungan dan Tantangan Skema Pendanaan B-2, Alternatif 1

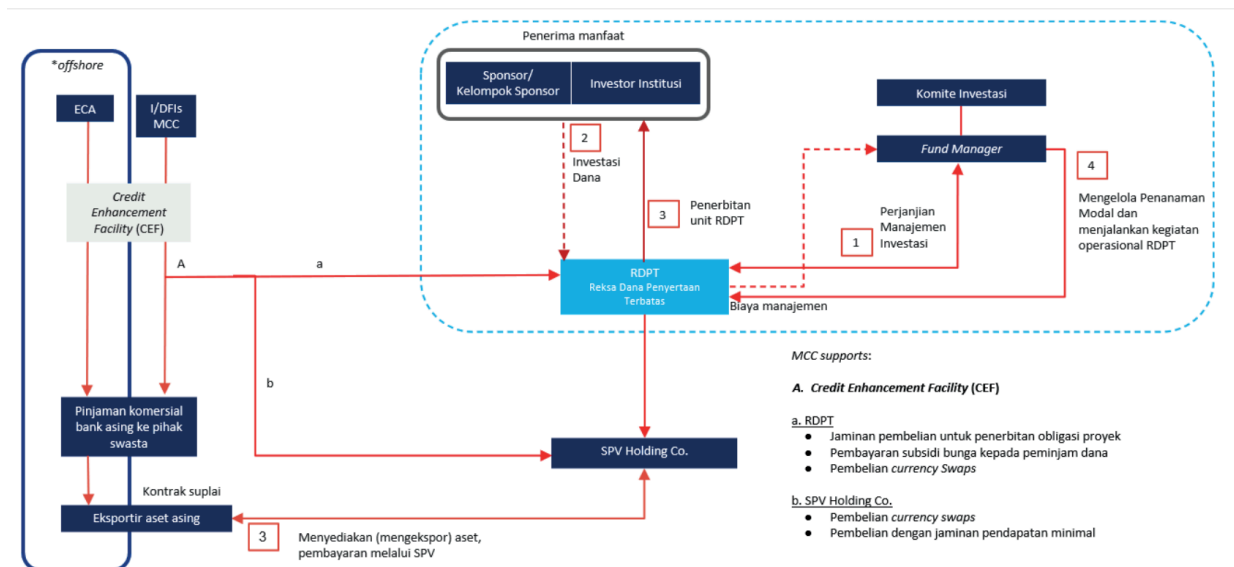
Keuntungan

1	Peluang kerja sama antara <i>Fund Manager</i> dan Transjakarta (sinergi BUMN/BUMN – BUMD) yang dapat meningkatkan tingkat kepercayaan serta kemudahan proses.
2	Peran para pemeran utama akan dioptimalkan tanpa mengubah peran yang selama ini diemban.
3	SPV sebagai pemilik aset dengan sewa operasi kepada operator.
4	Risiko sepenuhnya ditanggung oleh investor swasta.
5	Biaya dana mungkin lebih murah daripada pinjaman bank–akan tergantung pada peringkat produk keuangan.

Tantangan

1	Penolakan bisa datang dari operator yang ada yang takut penyedia modal mengambil bisnis mereka atau menjadi pesaing.
2	Skemanya cukup kompleks dan melibatkan banyak pemain sehingga dapat menciptakan proses yang panjang dan memakan waktu.
3	Biaya dana belum tentu murah.
4	Aset tersebut berpotensi kurang dirawat dengan baik oleh operator karena bukan pemiliknya.

Selain itu, skema ini juga cukup fleksibel untuk membuka peluang bagi dana asing untuk ikut menggalang dana guna mendukung elektrifikasi seperti terlihat pada gambar di bawah. Dalam skema ini, SPV dapat memiliki perjanjian penjualan dengan eksportir aset asing serta pertukaran mata uang dengan *Credit Enhancement Facility* (CEFs) asing.



Gambar 30. Skema B-2, Alternatif 1 Structured Blended Financing

Selain keuntungan dan tantangan yang ditunjukkan pada **Tabel 34** di atas, skema ini juga menciptakan peluang yang lebih besar sehingga peran DFI dapat dimaksimalkan karena mereka dapat berpartisipasi sebagai pemberi pinjaman, memberikan ekuitas dalam skema pendanaan, dan penjamin dana. Selain itu,

ECA dan DFI diharapkan dapat menyediakan dana murah dan tenor pinjaman kepada pemasok aset melalui *back-to-back guarantee letter* (GL) untuk bank asing sehingga harga akhir aset (bus listrik, baterai dan infrastruktur pengisian daya) menjadi lebih murah.

Analisis BOK/km

Analisis keuangan yang dikembangkan untuk elektrifikasi transportasi publik akan bergantung pada tujuan yang ingin dicapai, tingkat kedetailan analisis, dan keputusan yang perlu dibuat. Analisis BOK/km adalah salah satu metode analisis keuangan yang menghitung total biaya kepemilikan, pengoperasian, dan pemeliharaan aset selama seluruh siklus hidupnya. Dalam hal bus listrik, metode ini memperhitungkan semua biaya yang terkait dengan armada dan pengisian infrastruktur, antara lain termasuk biaya pembelian atau sewa, biaya pemeliharaan dan perbaikan, biaya energi, dan biaya penyusutan. Jenis analisis ini sangat penting untuk menentukan opsi yang paling hemat biaya dengan membandingkan setiap opsi dengan opsi lainnya.

Penting untuk mengidentifikasi komponen biaya yang akan digabungkan untuk melakukan analisis BOK/km. Umumnya komponen biaya yang akan dimasukkan dalam analisis BOK/km untuk bus listrik adalah biaya modal (CAPEX), biaya operasional (OPEX) dan biaya perawatan, serta biaya lainnya.

CAPEX untuk bus listrik terdiri dari:

- a. Biaya penyediaan bus listrik, termasuk baterai, dan pajak terkait pembelian bus di awal.
- b. Biaya unit fasilitas pengisian daya.
- c. Biaya infrastruktur kelistrikan tambahan pada lokasi pengisian daya.

OPEX terdiri dari biaya energi, biaya perawatan-termasuk pembersihan, ban, biaya tenaga kerja. Biaya lain, seperti margin keuntungan dan *overhead* dapat dipertimbangkan.

Analisis BOK/km untuk Bus Listrik Transjakarta

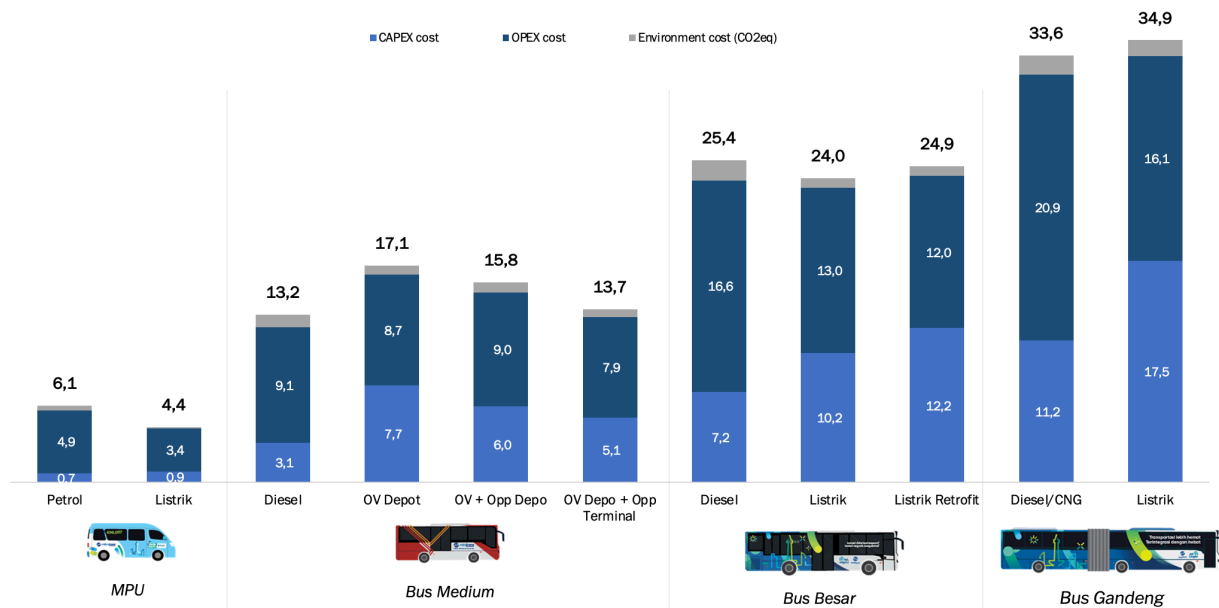
Sistem transportasi publik, terutama di Indonesia, jarang dapat memulihkan biaya operasi dari pendapatan tarif, terlebih biaya investasi. Oleh karena itu setiap saran untuk mengubah komposisi armada juga harus mencakup pertimbangan untuk biaya dan sarana pembiayaan untuk beban tambahan yang ditanggung oleh otoritas pengelola transportasi publik.

Kendaraan listrik memiliki harga yang lebih mahal daripada bus diesel yang setara, tetapi lebih murah untuk dioperasikan dan dipelihara, sehingga pada jangka panjang akan memiliki total biaya operasi yang lebih rendah daripada bus setara yang berbahan bakar diesel. Studi yang dilakukan oleh C40-CFF⁴⁷ menunjukkan bahwa penghematan TCO rata-rata sekitar 29% dapat dicapai dengan mengoperasikan bus listrik, jika dibandingkan dengan bus diesel besar yang beroperasi di 13 rute BRT Transjakarta. Sedangkan di 23 rute non-BRT, akan menjadi lebih hemat sekitar 35%.

Serupa dengan studi yang dilakukan oleh C40-CFF, sebuah laporan yang diterbitkan oleh ITDP menunjukkan bahwa BOK untuk menjalankan bus kecil dengan jarak tempuh rata-rata sejauh 200 km per hari dapat memberi penghematan bagi operator hingga 28%, khususnya untuk model Mobil Penumpang Umum (MPU) untuk layanan pengumpan. Bus besar 12-meter berbasis juga berpotensi memiliki BOK yang kompetitif dibanding bus konvensional dengan model yang sama. Dengan mempertimbangkan penurunan harga

⁴⁷ Financial Feasibility Study C40 Cities Finance Facility, August 31, 2020.

kendaraan listrik, harga bahan bakar fosil nonsubsidi, dan penghematan emisi GRK, penghematan BOK diperkirakan akan meningkat secara signifikan.



Gambar 31. Estimasi Penurunan BOK/km/bus untuk Tiap Jenis Bus pada Layanan Transjakarta
Sumber: estimasi ITDP, 2022

Kendaraan listrik memiliki harga yang lebih mahal daripada bus diesel yang setara, tetapi lebih murah untuk dioperasikan dan dipelihara, yang menghasilkan total biaya operasi yang lebih rendah daripada bus diesel.

Analisis Finansial Pemilihan Model Bisnis Elektrifikasi Transjakarta

Alternatif model bisnis dan skema pendanaan yang terkait untuk elektrifikasi Transjakarta telah ditinjau berdasarkan studi ITDP didukung oleh UK PACT, dengan mempertimbangkan beberapa opsi:

- Aset dibeli oleh operator secara langsung dan dioperasikan melalui *gross cost contract* (opsi A, “Buy-the-Service”).
- Aset diperoleh dan dibiayai oleh Transjakarta atau SPV dan dioperasikan sendiri atau melalui operator (opsi B, “Model Konsesi”).
- Aset dibeli oleh Transjakarta atau operator secara langsung melalui mekanisme pembiayaan *leasing* (opsi C, “Model Leasing”).
- Kombinasi dari Opsi A, B, dan C.

Analisis finansial dilakukan untuk menentukan skema penyediaan aset yang memiliki biaya paling minimal. Perbandingan antara skema *business-as-usual* (BAU) di mana Pemprov DKI Jakarta akan mengoperasikan 10.047 unit bus namun seluruhnya armada ICE konvensional juga dilakukan.

Analisis ini, pada prinsipnya, menggunakan data dan komponen biaya yang serupa dengan analisis BOK/km yang digunakan untuk menentukan perbandingan BOK/km dari setiap tipe armada Transjakarta berbasis listrik dibandingkan dengan armada konvensional yang setipe seperti yang telah dibahas sebelumnya. Perbedaannya adalah bahwa komponen biaya berbeda dari tahun ke tahun karena inflasi atau tren historis lainnya yang terkait dengan masing-masing biaya, yang menghasilkan BOK/km yang berbeda setiap tahun untuk jenis armada yang sama. Setelah mendapatkan BOK/km yang telah mempertimbangkan perubahan harga selama bertahun-tahun, total biaya operasi setiap

tahun untuk setiap jenis armada dihitung dan dibandingkan dengan skenario *business-as-usual*. Analisis menggunakan *Net Present Value* (NPV) untuk mengetahui perbedaan skema model bisnis masing-masing bus listrik dengan BaU untuk mengetahui kelayakan dari masing-masing model bisnis. Hasil dari analisis finansial untuk pemilihan model bisnis elektrifikasi Transjakarta adalah sebagai berikut:

Tabel 35. Opsi Model Bisnis untuk Bus Listrik Transjakarta

		Opsi 1	Opsi 2	Opsi 3	Opsi 4
		<i>Buy the service (Business-as-Usual)</i>	Model Konsesi	Model Leasing	Model Kombinasi
	Kepemilikan aset	Operator bus	Transjakarta/SPV	Perusahaan leasing	Single bus, low entry bus, medium bus: Buy-the-service Articulated bus: Model konsesi Microbus: Penyewaan armada
	Operasional	Operator bus	Operator bus	Operator bus	
	Pemeliharaan	Operator bus	OEM/APM	Perusahaan leasing	
Sumber pembiayaan		Ekuitas dari investor/perusahaan sendiri, hutang dari bank komersial lokal	Ekuitas dari Pemerintah Provinsi DKI Jakarta; hutang dapat berasal dari bank komersial lokal, instrumen investasi alternatif, atau PT. SMI	Ekuitas dari investor dan hutang dari instrumen pembiayaan	
ΔNPV dibandingkan skenario BaU (bus konvensional)		9.2%	17.9%	12.5%	16.9%
Catatan		Mekanisme regulasi dan kelembagaan sudah berjalan	Opsi yang paling atraktif secara finansial berdasarkan efektifitas NPV	Mudah diimplementasikan dari <i>standpoint</i> sumber pembiayaan (mengurangi ketergantungan <i>capital cost</i> dari pemerintah/Transjakarta)	Mengoptimalkan fleksibilitas implementasi dan efektifitas pembiayaan

Metode dengan parameter NPV yang dibandingkan dengan kondisi Business-as-Usual (pembelian bus konvensional) ini dapat digunakan dan direplikasi untuk kota lain, untuk menentukan model bisnis, khususnya penyediaan aset, yang paling sesuai.

Selain itu, analisis sensitivitas juga dilakukan untuk mengetahui dampak perubahan biaya terhadap NPV, misalnya harga energi, CAPEX, *cost of fund*, dan biaya pemeliharaan.

3. Pengembangan *Business Case*, Studi Kasus: Elektrifikasi Transjakarta

Dokumen *business case* dikembangkan untuk menyusun temuan dan rekomendasi yang dihasilkan serta memberikan kelayakan dan keberlanjutan program elektrifikasi. Dalam kasus Transjakarta, karena program elektrifikasi akan membutuhkan investasi dari berbagai institusi, mulai dari OEM, penyedia infrastruktur pengisian daya, lembaga pembiayaan, dll., *business case* diuraikan untuk memberi mereka pemahaman yang lebih luas tentang elektrifikasi, termasuk perkiraan biayanya, manfaat, kelayakan, dan rencana teknis.

Penting untuk mengidentifikasi informasi **apa yang benar-benar dibutuhkan oleh pembaca atau audiens yang ditargetkan dari dokumen *business case***. Dokumen *business case* elektrifikasi Transjakarta yang dikembangkan oleh ITDP dengan dukungan UK PACT terdiri dari beberapa bagian, seperti:

Tabel 36. Rekomendasi Outline Dokumen *Business Case* untuk Elektrifikasi Transjakarta

Bagian Dokumen <i>Business Case</i>	Konten Bagian
Gambaran Umum Transjakarta	Tinjauan tentang Transjakarta, untuk memberikan konteks layanan Transjakarta, termasuk jenis armadanya, jenis layanannya, penumpang hariannya, skema kontrak dan pengadaannya saat ini, serta sumber pendapatannya saat ini.
Konteks Elektrifikasi Transjakarta	Target elektrifikasi Transjakarta, progres saat ini, pemilihan teknologi saat ini, opsi model kontrak untuk elektrifikasi, dan pemilihan rute.
Detail Rencana Teknis	Rute yang dipilih untuk elektrifikasi, lokasi pengisian daya yang dipilih, jenis teknologi yang diusulkan (armada dan pengisi daya).
Model Bisnis dan Opsi <i>Structured Financing</i>	Opsi pemisahan aset, skema pendanaan, dan opsi <i>structured financing</i> .
Analisis Ekonomi dan Keuangan	Analisis total biaya investasi, analisis finansial, dan analisis sensitivitas.
Potensi Keuntungan Ekonomi dari Proyek	Manfaat ekonomi dari elektrifikasi, antara lain pengurangan emisi, pengurangan subsidi bahan bakar fosil, dan penghematan pengeluaran devisa.
Risiko Implementasi Proyek	Risiko proyek dalam aspek teknis dan finansial.
Asesmen Dampak Gender	Potensi dampak sosial terhadap penumpang, operator, dan staf saat ini.

Aspek lain seperti strategi komunikasi untuk implementasi bus listrik dapat dimasukkan dalam dokumen *business case* elektrifikasi transportasi publik, sebagaimana diuraikan dalam Dokumen *Business Case* C40 Cities untuk Pilot 100 Bus Listrik Jakarta.

Pertanyaan Refleksi

- Apa model bisnis yang diterapkan oleh sistem transportasi publik di kota Anda? Jika skema BTS sudah digunakan, maka:
 - Berapa lama tipikal durasi kontraknya?
 - Siapa yang mengatur penyediaan depo dan stasiun pengisian daya?

- Siapa yang menanggung risiko pendapatan—apakah dinas perhubungan setempat, atau operator secara langsung?
- Apakah operator memiliki kondisi finansial yang baik untuk melakukan investasi dan penyediaan aset yang dibutuhkan untuk elektrifikasi transportasi publik?
- Sejauh mana ketergantungan subsidi dari pemerintah kota/provinsi Anda?
- Apakah ada pernyataan niat dari pemerintah kota/provinsi Anda untuk elektrifikasi armada transportasi publik?
- Apakah pemerintah kota/provinsi Anda telah mengeluarkan kebijakan kendaraan listrik?
- Apakah pemerintah kota/provinsi bersedia memiliki mekanisme untuk mengkompensasi biaya/investasi tambahan dari operasi bus listrik pada periode awal?
- Apakah Anda memiliki sumber daya manusia dengan/ pengalaman yang memadai dalam mengelola kontrak layanan?

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
https://www.changing-transport.org/wp-content/uploads/2019_Busfleet_Modernisation_Financial_Mechanisms.pdf	FINANCIAL MECHANISMS for Electric Bus Adoption	GIZ, 2019
https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Metbus-pioneering-bus-listrik-deployments-in-Santiago?language=en_US	CASE STUDY: METBUS PIONEERING E-BUS DEPLOYMENTS IN SANTIAGO	C40 Knowledge, 2020
https://www.climatefinancelab.org/wp-content/uploads/2018/02/PAYS-for-Clean-Transport_Instrument-Analysis.pdf	Pay as you Save for Clean Transport	The Global Innovation Lab for Climate Finance, 2018
https://www.c40cff.org/projects/jakarta-electric-bus	100 E-Bus Trial Jakarta: Financial Feasibility Study	C40 Cities Finance Facility, 2020
	E-Mobility Adoption Roadmap for the Indonesian Mass Transit Program, Part II. Implementation strategies to adopt e-mobility in the mass transit systems in BBMA and Mebidangro.	ITDP & The World Bank, 2022
	TCO Calculations for Microbus	ITDP & UK PACT, 2021
	Business models, Structured Financing Scheme, and Contractual framework of Transjakarta first-phase of large-scale electrification	ITDP & UK PACT, 2022
	Report on Transjakarta E-Bus Integrated Long-Term Implementation Phase	ITDP & UK PACT, 2022
	Financial and Economic Analysis of Transjakarta Electrification	ITDP & UK PACT, 2023

9. Perencanaan Kerangka Regulasi dan Kebijakan untuk Elektrifikasi Transportasi Publik

Kotak 8. Definisi Istilah Utama

Intermediate Public Transport, dikenal juga sebagai paratransit atau angkutan pengumpan adalah kendaraan yang berfungsi sebagai pendukung sistem transportasi publik massal dengan menyediakan konektivitas *first and last mile* bagi para komuter (Contoh: angkutan kota/angkot).

Scraping Policy adalah kebijakan yang bertujuan untuk menghapus kendaraan yang tidak layak dan menciptakan polusi secara bertahap dengan cara yang ramah lingkungan. Kebijakan ini menargetkan kendaraan komersial dan penumpang yang tidak layak dari segi performa tanpa emisi gas buang, terlepas dari usia kendaraan. Kendaraan yang tidak diperbolehkan untuk beroperasi akan direkomendasikan oleh pusat pengujian kendaraan jika ditemukan ketidaklayakan selama uji kendaraan dan ketidaksesuaian dengan aturan yang berlaku.

Setiap perubahan pasti memiliki tantangan, begitu juga dengan proses transisi ke kendaraan listrik. Negara-negara seperti Cina, India, Belanda, dan lainnya telah mengambil berbagai langkah inisiatif kebijakan untuk memfasilitasi dan mempercepat transisi ke kendaraan listrik termasuk insentif fiskal dan nonfiskal. Sejumlah rekomendasi kebijakan yang disarankan untuk Pemerintah Indonesia pada tingkat pusat dan daerah dibahas di bagian ini.

Penyusunan kerangka kebijakan untuk elektrifikasi transportasi publik perkotaan di Indonesia idealnya dimulai dari **menetapkan target elektrifikasi transportasi publik di tingkat nasional**. Sebagai amanat dari Perpres No. 79/2023, penetapan target dapat dilakukan di tingkat nasional. Target yang ditetapkan harus memiliki dasar hukum yang kuat, yang menjadi landasan bagi pemerintah daerah (sebagai implementator layanan transportasi publik di wilayah administratifnya, berdasarkan UU No. 22/2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan). Sebagai komitmen di tingkat daerah, pemerintah daerah juga perlu menetapkan **target elektrifikasi transportasi publik di tingkat daerah**. Target-target terkait elektrifikasi transportasi publik yang ditetapkan pada kerangka kebijakan harus selaras dengan target-target yang berkaitan, misalnya penurunan GRK, polusi udara, peningkatan nilai IKU, dan lain-lain.

Penyusunan kebijakan turunan terkait elektrifikasi transportasi publik umumnya menyesuaikan kebutuhan spesifik yang ingin dituju. Misalnya, karena tingginya biaya kapital yang menjadi salah satu tantangan elektrifikasi transportasi publik bagi pemerintah daerah, pemerintah pusat dapat memberikan kerangka regulasi untuk skema insentif ke **pemerintah atau operator di daerah**, yang utamanya ditujukan pada fase awal elektrifikasi. Untuk studi kasus elektrifikasi Transjakarta yang akan dijelaskan lebih lanjut, analisis kerangka kebijakan dilakukan untuk mengetahui *feasibility* dari implementasi model bisnis skema pendanaan alternatif yang sudah dijelaskan pada **Bagian 8**, kesesuaian regulasi teknis saat ini, dan analisis kebijakan terkait analisis GEDSI untuk memastikan elektrifikasi yang inklusif.

Studi Kasus: Elektrifikasi Transjakarta

Studi elektrifikasi Transjakarta oleh ITDP, didukung UK PACT, mengkaji kerangka kebijakan yang telah dikembangkan untuk mendukung target elektrifikasi Transjakarta dalam aspek pembiayaan dan teknis untuk memberikan rekomendasi yang membangun terkait kerangka peraturan guna mengakselerasi program elektrifikasi.

Untuk mengkaji kerangka kebijakan elektrifikasi Transjakarta, konsultasi dengan pemangku kepentingan terkait perlu dilakukan untuk mendapatkan masukan dan informasi yang relevan serta menegaskan kembali intervensi yang paling sesuai dan diperlukan dari perspektif kebijakan. Studi literatur juga dilakukan untuk menguraikan Kerangka Kebijakan Elektrifikasi Transjakarta yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 37. Kategori Kerangka Kebijakan Elektrifikasi Transjakarta

Kategori Kebijakan	Deskripsi
Kebijakan penyelenggaraan Transjakarta	Dasar hukum pendirian Transjakarta, transportasi di tingkat daerah, sistem BRT, dan kerangka kontrak.
Peraturan tentang Mitigasi Perubahan Iklim dan Elektrifikasi	Peraturan tentang komitmen pemerintah pusat dan daerah dalam mitigasi perubahan iklim - termasuk elektrifikasi, dan peraturan tentang pajak karbon.
Regulasi Pembiayaan	Peraturan tentang prinsip-prinsip pinjaman, kerangka kelembagaan pembiayaan, penerbitan instrumen pembiayaan kolaborasi antara sektor publik dan swasta, dan investasi.
Regulasi Teknis	Peraturan tentang batas <i>gross vehicle weight</i> , spesifikasi armada transportasi publik, pedoman penyelenggaraan dan perizinan bidang lalu lintas dan transportasi publik, standar teknis armada, dan infrastruktur pengisian.
Kebijakan GEDSI	Peraturan tentang aspek kesetaraan gender dan inklusi sosial, dibahas lebih lanjut di Bagian 10.

Sebelum melakukan kajian mendalam terhadap kerangka kebijakan mulai dari pembiayaan hingga aspek teknis, mengingat belum adanya basis regulasi yang kuat untuk mendukung elektrifikasi Transjakarta, maka perlu dilakukan kajian terhadap masing-masing jenis regulasi yang dapat dijadikan sebagai dasar, praktis, dan intervensi hukum yang layak untuk Elektrifikasi Transjakarta. Dari analisis kebijakan di tingkat nasional dan daerah, **Keputusan Gubernur (Keputusan Gubernur) akan menjadi dasar hukum awal untuk mendukung elektrifikasi 10.047 armada Transjakarta pada tahun 2030.**

Selain itu, kebijakan dan rancangan peraturan di tingkat daerah saat ini yang sedang diproses terkait dengan Elektrifikasi Transjakarta juga telah diidentifikasi. Kebijakan tersebut dianalisis untuk memastikan keselarasannya dengan target 10.047 bus listrik pada tahun 2030 yang telah ditetapkan oleh Transjakarta dan dituangkan dalam Keputusan Gubernur.

Melalui studi literatur dan diskusi dengan para pemangku kepentingan, ditemukan adanya beberapa regulasi terkait Elektrifikasi Transjakarta. Terdapat tiga peraturan yang ada di tingkat daerah, dua peraturan di tingkat nasional tentang penetapan harga karbon, empat peraturan daerah yang sedang dalam proses atau Rancangan Peraturan Daerah (Raperda), dan satu rancangan Peraturan Gubernur (Pergub) yang sedang dalam proses tentang Strategi Pengendalian Kualitas Udara (saat dokumen ini selesai disusun, menjadi Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 576/2023 tentang Strategi Pengendalian Pencemaran Udara). Strategi pengendalian pencemaran udara melalui elektrifikasi Transjakarta pada Kepgub tersebut diselaraskan dengan target yang terdapat pada Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 1053/2022.

Selain itu, untuk memastikan Program Elektrifikasi Transjakarta yang berkelanjutan, dan untuk membuka peluang pembiayaan dari pinjaman luar negeri, elektrifikasi skala besar membutuhkan kebijakan di tingkat nasional yang harus dimasukkan ke dalam *Blue Book* Bappenas dan—selanjutnya—*Green Book*.

Penilaian kerangka kebijakan pada aspek keuangan dan bisnis telah dikembangkan untuk menganalisis apakah skema-skema pendanaan yang dikembangkan dapat dilakukan secara hukum atau tidak. Dasar hukum dan peraturan dari setiap skema pendanaan juga telah diidentifikasi melalui kajian kerangka kebijakan. Lebih lanjut, terdapat tiga hambatan regulasi terhadap elektrifikasi Transjakarta dari aspek bisnis dan pembiayaan, yaitu:

- **Skema *leasing* dan pemisahan kepemilikan aset dan operasional.** Peraturan saat ini mewajibkan operator memiliki setidaknya lima armada.

- **Bankability proyek Elektrifikasi Transjakarta.** Jika Pemerintah Provinsi DKI Jakarta mengeluarkan Pinjaman Daerah, berpotensi terjadi pembukuan ganda karena Pemerintah Provinsi DKI Jakarta memberikan subsidi tahunan kepada Transjakarta serta menggunakan APBD untuk pelunasan pinjaman tersebut.

Selanjutnya, aspek teknis yang perlu didukung oleh kerangka kebijakan yang kuat dinilai berdasarkan fase implementasi dan riset pasar. Beberapa poin penting dari persyaratan teknis yang perlu digarisbawahi adalah sebagai berikut:

- Perlu ada kerangka kebijakan yang jelas tentang **retrofit bus listrik**, karena Transjakarta memiliki rencana untuk melakukan retrofit armada diesel yang akan dimulai dari tahun 2025 dan setelahnya. Peraturan yang ada mengenai konversi armada diesel ke listrik belum secara jelas menentukan masa pakai maksimal kendaraan setelah retrofit, lisensi, merek, dan garansi kendaraan retrofit.
- Terdapat juga celah dalam peraturan mengenai persyaratan maksimum kendaraan (**GVW**). Dibandingkan dengan model ICE serupa, peraturan saat ini akan mengurangi jumlah penumpang yang dapat diangkut dalam bus listrik, membatasi kapasitas baterai, sehingga meningkatkan rasio penggantian untuk penyediaan armada yang lebih banyak untuk memenuhi jarak tempuh yang telah ditentukan.
- Belum ada standarisasi teknis **pengisi daya pantograf** yang direkomendasikan pada tahap implementasi.

Selain itu, sejumlah rekomendasi kebijakan yang disarankan untuk Pemerintah Indonesia baik di tingkat pusat maupun daerah juga dikembangkan pada studi ITDP yang didukung oleh ViriyaENB: “Peta Jalan dan Program Insentif Nasional untuk Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan Berbasis Jalan”, serta “Strategi Reformasi dan Peta Jalan Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan untuk Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru” tercantum dalam **Lampiran 1**.

Refleksi

- Apakah sudah terdapat deklarasi atau komitmen dari pemerintah daerah/provinsi untuk elektrifikasi armada transportasi publik?
- Sudahkah pemerintah daerah/provinsi Anda mengumumkan kebijakan terkait kendaraan listrik?
- Apakah pemerintah daerah/provinsi Anda bersedia memberikan kompensasi atas biaya tambahan/investasi pengoperasian bus listrik pada periode awal?

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
https://itdp-indonesia.org/publication/peta-jalan-dan-program-insentif-nasional-untuk-elektrifikasi-transportasi-publik-perkotaan-berbasis-jalan/	Peta Jalan dan Program Insentif Nasional untuk Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan Berbasis Jalan	ITDP dan ViriyaENB, 2024
	Strategi Reformasi dan Peta Jalan Elektrifikasi Transportasi Publik untuk Kota Surabaya, Surakarta, dan Pekanbaru	ITDP dan ViriyaENB, 2025
	Policy Gaps and Policy Recommendations	ITDP dan UK PACT, 2021

https://itdp-indonesia.org/publication/support-for-e-mobility-transition-in-jakarta/	Policy Recommendation	ITDP dan UNEP-CTCN, 2020
---	-----------------------	--------------------------

10. Perencanaan Elektrifikasi Transportasi Publik yang Inklusif

Kotak 9. Definisi Istilah Utama

Gender mengacu pada peran, tanggung jawab, sikap, dan perilaku yang dikaitkan dengan perempuan dan laki-laki dalam masyarakat dan konteks budaya tertentu.

Kesetaraan gender mengacu pada kondisi di mana perempuan dan laki-laki dapat mengakses, berpartisipasi, dan mengontrol sumber daya tanpa batasan yang ditetapkan oleh peran gender yang ketat, memastikan hak dan kesempatan yang sama bagi perempuan, laki-laki, anak perempuan, dan anak laki-laki.

Pengarusutamaan gender adalah proses yang mengintegrasikan perspektif dan pertimbangan gender ke dalam semua bidang dan tingkat kebijakan, program, dan proyek untuk mengurangi ketidaksetaraan gender yang ada.

Pemberdayaan mengacu pada perubahan dalam hubungan antara individu dan kelompok. Ini adalah proses meningkatkan kapasitas individu atau kelompok untuk membuat pilihan strategis dan mengubah pilihan tersebut menjadi tindakan dan hasil yang diinginkan. Ini melibatkan peningkatan aset dan kemampuan mereka sehingga mereka dapat menjadi agen perubahan sosial yang positif atas nama mereka sendiri (Bank Dunia, 2008).

Keterlibatan sosial mengacu pada penghapusan hambatan kelembagaan dan peningkatan insentif untuk meningkatkan akses individu dan kelompok yang beragam terhadap peluang pembangunan (Bank Dunia, 2003).

Kelompok rentan mengalami risiko kemiskinan dan pengucilan sosial yang lebih tinggi dibandingkan dengan populasi umum. Kelompok rentan mengalami stigmatisasi, diskriminasi, dan marginalisasi oleh masyarakat, baik secara formal (oleh undang-undang, kebijakan, program) maupun secara informal (oleh praktik sosial budaya). Kelompok rentan termasuk perempuan, anak-anak, orang tua, penyandang disabilitas, dan banyak lainnya.

10.1. Mengapa perspektif GEDSI (Kesetaraan Gender, Disabilitas, dan Inklusi Sosial) penting untuk Masalah Transportasi Publik?

Keberadaan transportasi publik yang andal, aman, selamat, terjangkau, dan nyaman mampu memberikan dampak positif bagi peningkatan kualitas hidup kelompok rentan perkotaan. Termasuk di dalamnya adalah transportasi publik yang berperan dalam meningkatkan mobilitas dan akses kelompok rentan pada fasilitas dan layanan dasar seperti fasilitas pendidikan, layanan kesehatan, pasar, dan tempat kerja. Dalam hal ini, transportasi publik juga menciptakan ragam kesempatan bagi kelompok rentan untuk berpartisipasi pada kegiatan ekonomi perkotaan.

Di beberapa kota di Indonesia, penggunaan transportasi publik didominasi oleh kelompok rentan.

Sebanyak 60% pengguna Transjakarta adalah perempuan⁴⁸. Sebanyak 30% pengguna layanan Batik Solo Trans (BST) merupakan penyandang disabilitas, lansia, atau pelajar⁴⁹. 54% penumpang Trans Metro Pekanbaru adalah perempuan. Berdasarkan pekerjaan/kegiatan utamanya, hampir 50% penumpang TMP adalah pelajar dan mahasiswa, dengan 12% lainnya adalah Ibu Rumah Tangga (IRT)⁵⁰.

Tidak hanya itu, pelibatan perspektif GEDSI dalam perencanaan transportasi publik juga dapat mendorong terjadinya *shift* hingga peningkatan penggunaan transportasi publik. Berdasarkan hasil survei Kompas di Surabaya, Bandung, Semarang, dan Yogyakarta pada tahun 2022, rata-rata biaya per bulan yang digunakan masyarakat di empat kota tersebut untuk bermobilitas dengan sepeda motor bisa hingga 3,5 lipat lebih mahal dibandingkan dengan jika menggunakan transportasi publik. Rata-rata biaya perjalanan dengan transportasi publik di empat kota tersebut yakni 5,9-14,9% dari UMR kota. Selain itu, mayoritas penumpang (57%) Trans Metro Pekanbaru memilih untuk menggunakan bus dikarenakan biayanya yang lebih murah, lalu diikuti oleh faktor keamanan di 20%. Dari indikasi sensitivitas biaya, hal ini dapat dijelaskan melalui temuan bahwa mayoritas penumpang (55%) masih belum berpenghasilan, dan 32% lainnya hanya berpenghasilan Rp500.000 – Rp4.000.000 dalam sebulan

⁴⁸ Survei Transjakarta, 2023

⁴⁹ Data penumpang Koridor 1 Batik Solo Trans, Januari – September 2024.

⁵⁰ Survei Trans Metro Pekanbaru, 2023.

Di sisi lain, pola perjalanan kelompok rentan memiliki perbedaan jika dibandingkan dengan *male-abled body* yang selama ini dianggap sebagai *neutral users* dalam perencanaan sistem transportasi. Sebagai contoh, perempuan yang bekerja di sektor formal, memiliki pola perjalanan dengan satu atau lebih titik destinasi di antara rumah dan tempat bekerja diakibatkan peran domestik atau keluarga yang diampu. Dalam contoh lainnya, perempuan yang bekerja di sektor informal yang juga mengampu peran utama sebagai pengasuh (*caretaker*) anggota keluarga lainnya, memiliki empat atau lebih tujuan dan pergerakan dalam satu hari. Secara garis besar, perempuan dan kelompok rentan lainnya memiliki karakteristik perjalanan seperti dilakukannya perjalanan di luar jam sibuk, banyak pemberhentian, adanya kebutuhan jaminan keamanan dan keselamatan ekstra di saat gelap, dan kebutuhan ruang untuk barang.

Mempertimbangkan catatan tersebut di atas, pemahaman yang tepat dalam hubungan antara gender, inklusi sosial, dan akses transportasi, dapat membantu pembuat kebijakan dan pengambil keputusan dalam mengembangkan transportasi publik yang lebih dapat digunakan oleh seluruh warga kota. Perspektif GEDSI dapat memperkaya analisis yang bermanfaat dalam menetapkan pengembangan rute, titik henti, desain infrastruktur pendukung, hingga penentuan tarif dalam implementasi layanan transportasi publik.

10.2. Permasalahan GEDSI pada Elektrifikasi Transportasi Publik

Dalam upaya elektrifikasi transportasi publik, setidaknya perspektif kesetaraan gender, disabilitas, dan inklusi sosial perlu dilihat dari 4 (empat) dimensi: **kelompok rentan sebagai pengguna transportasi publik, kelompok rentan sebagai pekerja di lingkup transportasi publik listrik, representasi kelompok rentan sebagai pengambil keputusan, dan kelompok rentan sebagai bagian masyarakat terdampak upaya elektrifikasi transportasi publik.**

Dalam lensa kelompok rentan sebagai pengguna bus listrik, catatan yang ditinggalkan berhubungan dengan kondisi fisik bus. Secara umum, kondisi fisik bus listrik memiliki banyak kesamaan dengan bus konvensional, kecuali dalam hal bahan bakar dan mekanisme pengisiannya. Sehubungan dengan hal tersebut, ITDP melalui diskusi kelompok terpumpun dan uji coba bus listrik Transjakarta yang diselenggarakan pada September-Desember 2021, mencoba melakukan konfirmasi dan menghimpun catatan dan rekomendasi, utamanya terhadap akses (desain) bus listrik oleh penyandang disabilitas. Selain itu, arena tidak adanya mesin pembakaran internal, **bus listrik tidak menghasilkan suara saat beroperasi.** Keheningan ini dapat menimbulkan masalah bagi orang yang berada di sekitar bus listrik. Termasuk di dalamnya adalah calon penumpang dan pejalan kaki dengan gangguan penglihatan karena mereka tidak akan menyadari keberadaan bus atau kendaraan listrik lainnya di sekitarnya.

Sebuah studi oleh Administrasi Keselamatan Lalu Lintas Jalan Raya Nasional Amerika Serikat menemukan bahwa **tanpa memasang generator suara tambahan, kemungkinan kecelakaan di jalan akan meningkat 50% dibandingkan dengan bus konvensional.** Untuk mencegah terjadinya kecelakaan, bus listrik harus memasang generator suara seperti *Acoustic Vehicle Alerting System* (AVAS) untuk menghasilkan suara palsu guna menginformasikan kepada pengguna jalan lain tentang keberadaan bus listrik, terutama saat berkendara dengan kecepatan 19 km/jam, dan menyesuaikan perjanjian tingkat layanan untuk memasukkan persyaratan inklusif ini.

Dalam lensa lainnya, kelompok rentan yang berada dalam ekosistem kerja transportasi publik konvensional juga memiliki tantangan peralihan keahlian untuk dapat diserap dalam lingkup kerja transportasi publik listrik. Pada tahun 2023, hanya terdapat 3 orang pramudi perempuan di bus listrik Transjakarta dan tidak ada mekanik atau tenaga ahli yang mengerti tentang mesin bus listrik perempuan di Transjakarta. Melalui peralihan teknologi ini, peluang kerja bagi kelompok rentan dalam berpartisipasi di ekosistem bus listrik juga menjadi penting untuk diperhatikan. Pada November 2024, Transjakarta memulai langkah awal dalam menciptakan TJ Academy yang membuka pelatihan kerja bagi calon pramudi perempuan. Harapannya, tidak hanya terbatas pada kesempatan kerja sebagai pramudi bus listrik, kelompok rentan dapat terserap dalam kesempatan kerja baru di ekosistem elektrifikasi transportasi publik.

Keberadaan perwakilan kelompok rentan sebagai bagian dari pengambilan keputusan menjadi penting mengingat sensitivitas pengalaman yang mampu merujuk pada ketajaman dan kebijaksanaan dalam pengambilan keputusan. Dalam praktiknya, 1 (satu) dari total 5 (lima) pimpinan direktur Transjakarta adalah perempuan. Di masa mendatang, harapannya, peran perempuan dan kelompok rentan lainnya dalam tingkat manajerial hingga pimpinan tertinggi perusahaan transportasi publik di Indonesia dapat meningkat sejalan dengan proses elektrifikasi transportasi publik.

Dalam konteks dampak, elektrifikasi bus dapat berkontribusi signifikan bagi kelompok rentan. Beberapa di antaranya terkait dengan kesehatan yang dipengaruhi oleh kualitas emisi gas buang kendaraan yang melintas langsung di sekitar kawasan permukiman hingga reduksi emisi total dan dampaknya di skala kota. Elektrifikasi transportasi publik memiliki dampak positif pada lingkungan yang kemudian juga meningkatkan dampak positif bagi kualitas hidup kelompok rentan perkotaan yang juga turut menyumbang pada turunnya tingkat stres dan kecemasan.

10.3. Elektrifikasi Transportasi Publik yang Responsif Gender dan Inklusif

Perencanaan yang melibatkan kelompok rentan secara bermakna harus dipraktikkan dalam semua upaya dan dalam semua proses perencanaan elektrifikasi. Keterlibatan menerus kelompok rentan diperlukan untuk membangun kepercayaan. Selain itu, hal tersebut juga dapat mengakomodir kebutuhan mereka di seluruh proses dan progres perencanaan. Penyusunan daftar di bawah ini didasarkan pada catatan dan masukan yang dihimpun dari serangkaian survei dan kegiatan diskusi kelompok terpumpun sebagaimana yang telah disebutkan pada bagian di atas. Sebagai catatan, daftar rekomendasi ini memberikan perspektif lanjutan kelompok rentan sebagai pengguna bus listrik.

Untuk memastikan bahwa implementasi bus listrik tidak menimbulkan diskriminasi lebih lanjut terhadap kelompok rentan serta jaminan akses yang setara kepada semua orang, daftar rekomendasi infrastruktur, fasilitas, dan layanan yang responsif gender dan inklusif disajikan di bawah ini.



Gambar 32. Keterlibatan berkelanjutan ITDP Indonesia dengan kelompok-kelompok rentan untuk memastikan kebutuhan mereka tercakup dalam elektrifikasi secara khusus, dan untuk peningkatan layanan transportasi publik secara umum (hingga Mei 2023)

1. Fasilitas Armada Bus Listrik

Tabel 38. Rekomendasi Fasilitas Armada Bus Listrik yang Responsif Gender dan Inklusif

No	Komponen	Rekomendasi	Kelompok yang Paling Terdampak
1.	Dimensi Bus	Menyediakan dimensi Mikrotrans (<i>feeder</i>), utamanya bagian pintu, yang lebih besar untuk memudahkan pergerakan penumpang saat naik atau turun tanpa perlu membungkuk.	Lansia dan penyandang disabilitas.

No	Komponen	Rekomendasi	Kelompok yang Paling Terdampak
2.	Celah Platform	Meminimalkan celah horizontal dan vertikal di antara dermaga dan pintu armada untuk mencegah bahaya saat proses naik dan turun kendaraan. Jika celah dermaga tidak dapat dikurangi, maka penyediaan <i>ramp</i> portabel menjadi perlu untuk membantu proses naik dan turun kendaraan.	Lansia, penyandang disabilitas fisik, anak-anak, perempuan hamil, penumpang yang menggendong bayi atau anak-anak, dan penyandang disabilitas penglihatan (buta total dan <i>low vision</i>).
3.	Ramp	Menyediakan <i>ramp</i> (manual atau otomatis) untuk dapat digunakan oleh pengguna kursi roda, penumpang yang bepergian dengan kereta bayi, dan/atau penumpang lain dengan kebutuhan khusus.	Pengguna kursi roda, wanita yang menggendong bayi atau anak-anak, dan penumpang lain dengan kebutuhan khusus.
4.	Pintu Bus	- Memastikan lebar pintu bus listrik dan jaraknya ke ruang kursi roda cukup bagi pengguna kursi roda untuk bermanuver. - Mempromosikan penggunaan pintu geser untuk memberikan lebih banyak ruang di dalam bus listrik dan untuk mencegah desakan/himpitan, terutama pada jam sibuk. - Menambahkan cukup waktu sebelum penutupan pintu untuk mengakomodasi kebutuhan penyandang disabilitas, lansia, dan wanita yang bepergian dengan bayi atau anak-anak.	Pengguna kursi roda dan semua kelompok prioritas.
5.	Interior bus	- Memberikan ruang yang lebih besar untuk wilayah prioritas sebagai ruang alternatif bagi semua kelompok prioritas, termasuk perempuan. - Mempertimbangkan tambahan ruang untuk kursi roda atau kereta dorong bayi di dekat pintu masuk, yang dilengkapi dengan sabuk pengaman.	Semua kelompok prioritas
6.	Kursi prioritas	- Memastikan ketersediaan kursi prioritas untuk kelompok prioritas, yang dapat digunakan kapan pun diperlukan. - Meningkatkan kesadaran penumpang lain tentang pentingnya memberikan kursi prioritas untuk kelompok prioritas.	Semua kelompok prioritas
7.	Area kursi roda	- Menyiapkan ruang kursi roda yang lebih luas di dalam armada untuk memastikan kemudahan manuver kursi roda (lebih luas dari ruang yang ada saat ini). - Menambahkan ruang kursi roda untuk dapat mengakomodasi dua kursi roda, tidak hanya satu. - Menyediakan sabuk pengaman dan pegangan tangan di ruang kursi roda untuk memastikan keselamatan pengguna kursi roda.	Pengguna kursi roda
8.	<i>Hand Grip</i>	Menyediakan pegangan tangan penumpang yang dapat disesuaikan ketinggiannya, baik diturunkan maupun dinaikkan, sesuai dengan kebutuhan penumpang.	Anak-anak, orang tua, dan orang-orang dengan hambatan ketinggian.
9.	Ruang Khusus Perempuan	- Memastikan perbedaan yang mencolok antara ruang tempat duduk biasa dan ruang khusus perempuan. - Memastikan visibilitas rambu untuk ruang khusus perempuan.	Perempuan

No	Komponen	Rekomendasi	Kelompok yang Paling Terdampak
10.	<i>Closed Circuit Television</i> (CCTV)	Memastikan CCTV di dalam setiap armada berfungsi untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan seluruh penumpang.	Semua penumpang, terutama perempuan
11.	Pembangkit Suara	Menyediakan generator suara untuk semua armada bus listrik, seperti AVAS untuk menghasilkan “suara palsu” untuk memberitahu pengguna jalan lain tentang keberadaan bus listrik	Semua pejalan kaki, utamanya disabilitas Netra
12.	Tombol berhenti dan tombol darurat	- Memastikan semua tombol berhenti dan tombol darurat berfungsi. - Melengkapi semua tombol berhenti dan tombol darurat dengan Braille - Memastikan kemudahan mengakses semua tombol berhenti dan tombol darurat baik di dalam maupun di luar armada.	Penyandang disabilitas penglihatan, perempuan

2. Infrastruktur pendukung bus listrik, antara lain Sistem Informasi Penumpang (PIS)

Tabel 39. Rekomendasi Infrastruktur Pendukung Bus Listrik yang Responsif Gender dan Inklusif

No	Komponen	Rekomendasi	Kelompok yang Paling Terdampak
1.	Halte Bus	- Mempertimbangkan ruang khusus untuk menyusui atau “ruang menenangkan” bagi penyandang disabilitas mental di terminal bus. - Menyediakan <i>ramp</i> dan pegangan tangan untuk kemudahan akses ke dan dari halte bus. - Menyediakan papan informasi yang mencakup peta area, rute bus, jadwal terkini, nomor darurat, tempat pembelian kartu transportasi terdekat, dan ketersediaan kursi prioritas. - Menyediakan sistem informasi <i>real-time</i> untuk menginformasikan penumpang tentang penundaan atau perubahan rute. - Melengkapi halte bus dengan ruang tempat duduk untuk kelompok prioritas.	Semua kelompok prioritas
2.	Informasi visual dalam armada bus listrik	- Menyediakan papan informasi dalam armada dengan visibilitas tinggi dari semua sudut, termasuk dari area kursi roda (Catatan: Pengguna kursi roda memiliki orientasi tempat duduk yang berbeda dibandingkan dengan penumpang lain). - Menyediakan sistem informasi <i>real-time</i> dalam armada baik dalam bentuk audio dan visual untuk memberitahukan kepada penumpang tentang informasi pemberhentian berikutnya, penundaan, atau perubahan rute. - Menyediakan peta rute bus listrik di atas pintu yang mudah dipahami oleh penumpang dengan berbagai usia dan latar belakang (misal, latar belakang pendidikan, orang asing, dll.).	Penyandang disabilitas pendengaran, penyandang disabilitas intelektual, pengguna kursi roda, anak-anak
3.	Sistem pengumuman	Memastikan pengumuman audio <i>real-time</i> diperbarui dan disediakan sebelum pemberhentian berikutnya untuk memberikan waktu yang cukup bagi penumpang untuk turun, terutama bagi penyandang disabilitas, lansia, dan Perempuan yang bepergian dengan bayi atau anak-anak.	Penyandang disabilitas penglihatan, lansia, Perempuan dengan bayi atau anak-anak, penumpang yang membawa barang berat

No	Komponen	Rekomendasi	Kelompok yang Paling Terdampak
		Memastikan semua pengumuman audio dapat didengar dengan jelas, termasuk pada jam sibuk.	
4.	Hotline atau bel di halte bus	Menyediakan bel atau nomor <i>hotline</i> di halte atau stasiun untuk membantu penyandang disabilitas yang membutuhkan bantuan petugas lapangan.	Penyandang disabilitas
5.	Signage di dalam armada	Memastikan semua stiker informasi (yaitu, kursi prioritas, kursi khusus perempuan, dll.) terlihat dan bebas dari halangan	Semua penumpang

3. Layanan yang Disediakan

Tabel 40. Rekomendasi untuk Layanan yang Responsif dan Inklusif Gender

No	Komponen	Rekomendasi	Kelompok yang Paling Terdampak
1.	Petugas armada	- Mengidentifikasi waktu atau periode dan rute dengan jumlah penumpang yang banyak (yaitu jam sibuk, hari libur tertentu) dan menugaskan petugas dalam bus untuk membantu penumpang dan memastikan kelancaran proses naik dan turun selama waktu yang ditentukan. - Mengidentifikasi rute dengan tingkat kejahatan tinggi untuk dapat menugaskan petugas di dalam armada untuk membantu, terutama di malam hari.	Semua kelompok prioritas
2.	Petugas lapangan	Menugaskan petugas lapangan di halte/stasiun besar untuk membantu penumpang khususnya penyandang disabilitas dan pendatang dari luar kota	Semua kelompok prioritas
3.	Peningkatan kesadaran bus listrik	Mengembangkan alat komunikasi untuk meningkatkan kesadaran penumpang tentang manfaat bus listrik, <i>hotline</i> atau kontak darurat, dan panduan berinteraksi dengan penumpang penyandang disabilitas.	Semua penumpang
4.	Kontak darurat dan mekanisme ganti rugi	- Membangun <i>hotline</i> darurat dengan staf yang tersedia untuk dapat dihubungi selama periode operasi bus listrik. - Menjalin kerja sama dengan instansi lain, seperti Pusat Pelayanan Terpadu Pemberdayaan Perempuan dan Anak (P2TP2A), sebagai bagian dari mekanisme penanganan pengaduan. - Mengembangkan mekanisme penanganan pengaduan yang terintegrasi untuk meminimalkan risiko dan meningkatkan keselamatan dan keamanan penumpang	Perempuan, penyandang disabilitas

10.4. GEDSI Impact Assessment

Sebelumnya, studi ITDP dengan dukungan UK PACT telah menyusun kerangka analisis dampak atas upaya elektrifikasi bus listrik. Tabel berikut ini menjelaskan potensi dampak, indikator, data yang dibutuhkan, dan metode analisis lanjutannya. Harapannya, dalam pengukuran analisis pengukuran dampak elektrifikasi transportasi publik di Indonesia dapat mempertimbangkan penggunaan tabel ini dalam menghitung dampak yang dapat dihasilkan.

No.	Dampak	Indikator	Data yang dibutuhkan	Pengumpulan dan olah data
1	Kesehatan	Pengurangan GRK	Jumlah bus terelektrifikasi	Monitoring data perkembangan jumlah armada yang dielektrifikasi secara berkala, bersamaan dengan pengolahan angka pengurangan GRK.
		Peningkatan <i>mode share</i> pejalan kaki dan pesepeda (<i>active mobility</i>)	Jumlah pejalan kaki dan pesepeda	Pengolahan data terpilah profil kelompok rentan dan dilakukan analisis lanjutan terkait dengan tingkat ketahanan (<i>fitness</i>) dan dampak lainnya terkait pergerakan fisik.
		Pengurangan tingkat penyakit yang berhubungan dengan pernapasan pada kelompok rentan	Jumlah pasien penyakit yang berhubungan dengan pernapasan	Pengolahan data terpilah berdasarkan profil dan dilakukan kajian literatur, <i>benchmark</i> , hingga wawancara konfirmasi.
		Pengurangan angka penyakit lainnya (non-pernapasan) akibat kualitas udara pada kelompok rentan (misal bayi BBLR, stunting, dst)	Jumlah pasien penyakit lainnya (non-pernapasan) akibat kualitas udara	Pengolahan data terpilah berdasarkan profil dan dilakukan kajian literatur, <i>benchmark</i> , hingga wawancara konfirmasi.
		Pengurangan angka kecelakaan di jalan	Jumlah angka kecelakaan; Tingkat fatalitas kejadian kecelakaan	Pengolahan data terpilah berdasarkan profil dan dilakukan kajian literatur, <i>benchmark</i> hingga wawancara konfirmasi.
2	Sosial dan ekonomi	Peningkatan aksesibilitas terhadap fasilitas publik	Peta fasilitas publik kota; Peta jaringan transportasi publik; Peta jaringan infrastruktur pejalan kaki dan pesepeda	Analisis spasial dengan melakukan evaluasi akses atas keterjangkauan fasilitas publik dalam jarak berjalan kaki dari titik halte transportasi publik dan keberadaan fasilitas pejalan kaki dan pesepeda.
		Peningkatan kesempatan kerja	Jumlah pengangguran terbuka; Jumlah pekerja sektor informal kota	Analisis dan olah data dilakukan secara terpilah profil dengan melakukan kajian literatur dan <i>benchmark</i> . Survei dan wawancara sample dapat dilakukan untuk melakukan konfirmasi temuan.

		Peningkatan keterlibatan dalam perencanaan kota	Jumlah peserta forum perencanaan daerah yang berasal dari kelompok rentan; Dokumentasi proses diskusi dan pencatatan peran kelompok rentan	Analisis dan olah data dilakukan secara terpilah profil dengan melakukan kajian literatur dan <i>benchmark</i> . Survei dan wawancara sample dapat dilakukan untuk melakukan konfirmasi temuan.
--	--	---	---	---

10.5. Daftar Periksa GEDSI

Berikut ini adalah daftar periksa GEDSI yang dibuat untuk operator bus listrik, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan lainnya di transportasi publik. Alat-alat ini ditujukan untuk membantu para pemangku kepentingan untuk mengarusutamakan perspektif GEDSI dalam proses pembuatan kebijakan dan pengambilan keputusan mereka, serta dalam proses perencanaan, desain, dan penganggaran. Perangkat tersebut sejalan dengan komitmen regional dan nasional tentang kesetaraan gender dan inklusi sosial di semua sektor pembangunan, termasuk transportasi.

Tabel 41. Kebijakan dan Program Pengarusutamaan GEDSI dalam Bus Listrik

No.	Daftar Periksa GEDSI	Ya	Sebagian	Tidak	Keterangan
GEDSI dalam Kebijakan dan Program Transportasi Publik					
1.	Apakah kebijakan dan program transportasi publik secara eksplisit mempertimbangkan isu gender dan inklusi sosial?				(kolom ini diisi dengan penjelasan jawaban (Ya, Sebagian, atau Tidak). Misalnya, nama peraturan atau program, ketersediaan data terpilah, dll, sesuai dengan pertanyaan yang dijawab)
2.	Apakah terdapat data yang dipilah menurut jenis kelamin, usia, disabilitas, dan nilai tertentu yang telah dikumpulkan dan dianalisis sebagai bagian dari proses pembuatan kebijakan dan perencanaan serta penganggaran?				
3.	Apakah kesenjangan, kebutuhan, kendala, dan peluang inklusi gender dan sosial telah diidentifikasi dalam dialog kebijakan serta perencanaan dan penganggaran?				
4.	Apakah sudah melibatkan perwakilan perempuan dan kelompok rentan lainnya dalam mendiskusikan pengembangan kebijakan dan program transportasi?				
5.	Apakah perwakilan perempuan dan kelompok rentan lainnya telah terlibat dalam proses pembuatan kebijakan?				
6.	Sudahkah pembuat kebijakan mempertimbangkan dampak kebijakan dan program terhadap perempuan, laki-laki, dan kelompok rentan (yaitu, penjadwalan, rute, infrastruktur, fasilitas				

No.	Daftar Periksa GEDSI	Ya	Sebagian	Tidak	Keterangan
	pendukung)?				
7.	Apakah terdapat sistem untuk memantau implementasi komponen gender dan inklusi sosial dari kebijakan dan program elektrifikasi bus?				
8.	Apakah penganggaran bus listrik mencakup sumber daya untuk:				
	Pengumpulan data terpisah				
	Peningkatan kapasitas terkait gender dan inklusi sosial dalam transportasi				
	Peningkatan dan pemeliharaan akses jalan dan jembatan penyeberangan untuk memastikan kemudahan konektivitas				
	Fitur keselamatan seperti penerangan, petugas di dalam armada, tombol darurat, nomor darurat, desain jalan yang aman				
	Keamanan pejalan kaki seperti rambu, jalur pejalan kaki terpisah, jalur pejalan kaki ramah disabilitas				
	Sistem informasi penumpang yang dapat diakses oleh penyandang disabilitas, anak-anak, dan lansia				
9.	Staf internal:				
	Apakah rasio perempuan terhadap laki-laki di Dinas Perhubungan pada tingkat manajerial, teknis, dan staf pendukung tidak seimbang? Jika ya, mohon cantumkan jumlahnya di kolom Keterangan.				
	Apakah posisi pengambilan keputusan mencakup perwakilan perempuan dan laki-laki? Mohon cantumkan nomornya di kolom Keterangan.				
	Apakah lembaga atau operator secara aktif mempromosikan perekrutan perempuan dan penyandang disabilitas untuk memastikan komposisi tenaga kerja mencerminkan komunitas yang dilayaninya?				
Integrasi GEDSI dalam Persiapan dan Desain Program Bus Listrik					
1.	Apakah rancangan program bus listrik mengintegrasikan perspektif GEDSI sebagai bagian dari komponennya?				
2.	Apakah perempuan, laki-laki, dan kelompok rentan lainnya yang terkena dampak program termasuk dalam konsultasi pemangku kepentingan?				
3.	Apakah terdapat kelompok fokus perempuan, laki-laki, anak atau remaja, lansia, dan penyandang disabilitas yang terpisah untuk memungkinkan mereka menyuarakan pandangan mereka secara terpisah?				
4.	Apakah prioritas kegiatan yang ditargetkan GEDSI				

No.	Daftar Periksa GEDSI	Ya	Sebagian	Tidak	Keterangan
	dalam komponen program dilakukan dengan berkonsultasi dengan perempuan dan kelompok rentan lainnya yang akan mendapat manfaat dari program bus listrik?				
5.	Apakah masalah transportasi terkait GEDSI yang perlu ditangani telah diidentifikasi?				
6.	Apakah pendekatan untuk mengatasi masalah terkait GEDSI yang diidentifikasi berkembang?				
7.	Apakah indikator dikembangkan untuk mengukur kemajuan pada isu-isu terkait GEDSI dalam komponen program yang relevan?				
8.	Apakah risiko spesifik GEDSI yang teridentifikasi selama perencanaan telah dimitigasi?				
9.	Apakah program bus listrik diharapkan untuk dapat memfasilitasi penciptaan lapangan kerja?				
10.	Apakah ada hambatan bagi partisipasi angkatan kerja perempuan dan penyandang disabilitas?				
11.	Apakah ada prosedur untuk mengurangi dan menyelesaikan insiden kekerasan berbasis gender selama perjalanan?				
12.	Apakah ada kerja sama antara Dishub atau operator bus listrik dengan instansi lain, seperti P2TP2A, sebagai bagian dari mekanisme penanganan pengaduan?				
13.	Apakah audit keselamatan pada malam hari secara rutin dilakukan untuk armada bus listrik, rute, dan fasilitas pendukungnya?				
Integrasi GEDSI dalam Persiapan dan Desain Program Bus Listrik					
1.	Apakah data yang dipilih menurut jenis kelamin, usia, disabilitas, dan nilai tertentu telah diintegrasikan ke dalam acuan dasar dan proses pemantauan dan evaluasi lainnya?				
2.	Apakah metode pengumpulan data yang responsif gender dan inklusif digunakan untuk mengumpulkan data dasar dan data lainnya?				
3.	Apakah ada langkah-langkah untuk memahami dampak program bus listrik terhadap perempuan, laki-laki, dan kelompok rentan lainnya?				

Tabel 42. Pengarusutamaan GEDSI dalam Armada, Prasarana, dan Fasilitas Bus Listrik

No.	Daftar Periksa GEDSI	Ya	Sebagian	Tidak	Keterangan
Pengarusutamaan GEDSI dalam Armada dan Infrastruktur Bus Listrik					
1.	Apakah armada bus listrik dilengkapi dengan ramp?				(kolom ini diisi dengan penjelasan di balik

No.	Daftar Periksa GEDSI	Ya	Sebagian	Tidak	Keterangan
					jawaban (Ya, Sebagian, atau Tidak), misalnya nama peraturan atau program, ketersediaan data terpilah, dll, sesuai dengan pertanyaan yang dijawab)
2.	Apakah armada bus listrik dirancang untuk mengakomodasi pengguna kursi roda dan kereta bayi? Apakah dimensi cukup bukan hanya untuk duduk, tetapi juga untuk bermanuver?				
3.	Apakah kursi prioritas mudah dikenali dan diakses?				
4.	Apakah papan petunjuk untuk kursi prioritas jelas dan dapat diakses?				
5.	Apakah Sistem Informasi Penumpang (PIS) memberikan informasi yang jelas dan dapat diakses oleh semua orang, termasuk penyandang disabilitas netra?				
6.	Apakah informasi tentang penundaan atau perubahan rute diberikan sesegera mungkin di papan informasi atau dengan pengumuman dari pengemudi?				
7.	Apakah pengumuman dari PIS atau pengemudi mudah didengar oleh semua penumpang, termasuk pada jam sibuk?				
8.	Apakah armada bus listrik dilengkapi dengan tombol berhenti yang berfungsi?				
9.	Apakah armada bus listrik dilengkapi dengan tombol darurat yang berfungsi?				
10.	Apakah tombol berhenti dan tombol darurat dilengkapi dengan Braille?				
11.	Apakah pengemudi bus telah dilatih untuk membantu dan berinteraksi dengan penyandang disabilitas, lansia, dan ibu hamil?				
Pengarusutamaan GEDSI di Fasilitas Penunjang Bus Listrik					
1.	Apakah halte bus dilengkapi dengan <i>ramp</i> dan <i>railing</i> ?				
2.	Apakah halte dilengkapi dengan papan informasi untuk penumpang (rute ulang, jadwal)?				
3.	Apakah halte bus memiliki papan informasi langsung yang menginformasikan penundaan atau perubahan jadwal dengan segera?				
4.	Apakah halte bus yang tidak memiliki staf memiliki fasilitas komunikasi darurat yang dapat diakses dan dikenali dengan mudah bagi penumpang?				
5.	Apakah ada rute pejalan kaki yang aman dan dapat diakses dari halte bus?				

No.	Daftar Periksa GEDSI	Ya	Sebagian	Tidak	Keterangan
6.	Apakah halte bus besar memiliki staf untuk membantu penumpang, terutama ketika pengaturan alternatif perlu dibuat?				
7.	Apakah kapasitas semua staf yang berhadapan langsung dengan penumpang dalam berinteraksi dengan penyandang disabilitas telah ditingkatkan?				
8.	Apakah ada peta lokal dan rambu petunjuk arah di semua halte, stasiun, dan bandara yang menunjukkan rute dan jadwal bus listrik, termasuk pemberhentian terdekat, serta mengidentifikasi <i>landmark</i> utama?				

Baca lebih lanjut

Referensi/Tautan	Judul	Penerbit dan Tahun Penerbitan
World Bank (2003)	Social Analysis Sourcebook: Incorporating Social Dimensions into World Bank Supported Projects.	World Bank: Washington D.C.
World Bank (2008)	Social Development and Infrastructure: Working in Partnership for Sustainable Development	World Bank: Washington D.C.
Nurhaeni, I., and Sugarda, C. (2014)	Pedoman Teknis Penyusunan <i>Gender Analysis Pathway</i> (GAP) dan <i>Gender Budget Statement</i> (GBS).	AIPD: Jakarta.
Sugarda, C. et. al. (2021)	Guidelines for Mainstreaming Gender and Social Inclusion in Climate Change Projects for GCF Project Proponents.	Fiscal Policy Agency, Ministry of Finance: Jakarta.
CIVITAS (2020)	Policy Note - Gender equality and mobility: mind the gap!	The CIVITAS WIKI Consortium: Italy
https://oneitdp.sharepoint.com/:b/s/Indonesia/EdN2wGwJVX9MsGqrH9swinsBrUmKp4JXtUdKbwsX4PYEPA?e=l8rgte	Pengarusutamaan GEDSI Dalam Evaluasi Dampak Pengembangan Transportasi Berkelanjutan di Jakarta	ITDP dan UK PACT, 2025

11. Pembelajaran Implementasi Bus Listrik dari Kota-kota di Indonesia dan Global

Kotak 10. Definisi Istilah Utama

FAME Stages/FAME (Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid &) Electric Vehicles in India) merupakan skema insentif yang bertujuan untuk mendorong adopsi kendaraan listrik dan hibrida yang andal, terjangkau, dan efisien.

Wet Lease Scheme adalah skema sewa di mana *lessor* (penyedia jasa leasing) akan menyediakan *lessee* (penyewa) peralatan (dalam hal ini adalah bus listrik) bersama dengan kru, pemeliharaan yang memadai, dan asuransi yang diperlukan untuk beroperasi.

11.1 Studi Kasus: Uji Coba, Pilot, dan *Scaling Up* Bus Listrik Transjakarta

Kerangka Perencanaan

Komitmen, Pentahapan, Rencana Implementasi, dan Target

Jakarta berkomitmen untuk mengelektifikasi 50% armada Transjakarta pada 2027 dan 100% pada 2030 atau setara dengan 10.047 armada. Rencana tersebut telah dituangkan dalam Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 1053 Tahun 2022 tentang Pedoman Percepatan Program Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Dalam Layanan Angkutan Transjakarta. Sebelumnya, Transjakarta telah berkomitmen untuk mengelektifikasi armada mereka yang telah dituangkan di dalam Rencana Jangka Panjang Perusahaan (RJPP) mereka. Di bawah *Fossil-Fuel-Free-Streets Initiative* oleh C40 Cities, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta juga telah berkomitmen untuk hanya mengadakan bus tanpa emisi mulai tahun 2025 dan menjalankan pilot bus listrik.

Dari hal ini, Pemerintah Daerah harus memiliki komitmen sendiri terhadap elektrifikasi dan Otoritas Transportasi Publik dapat memperkuat komitmen tersebut menjadi target yang lebih bisa ditindaklanjuti. Misalnya, sebelum menuju elektrifikasi penuh, Transjakarta akan menerapkan tiga tahap elektrifikasi:

- **Tahap uji coba** - Pada tahapan ini, Transjakarta belum mengoperasikan armada secara komersial, mereka melakukan kerja sama dengan penyedia bus listrik untuk mengoperasikan armada bus listrik tertentu selama periode yang disepakati (biasanya 3 bulan) dan mengevaluasi kinerja armada, misalnya efisiensi energi baterai.
- **Tahap pilot** - Transjakarta telah berkontrak dengan pihak operator dan mengoperasikan armada bus listrik secara komersial. Pada tahap ini, sangat penting untuk terus mengevaluasi kinerja bus listrik. Tahapan tersebut dilakukan selama 2 tahun. Pada akhir tahun ke-2, dilakukan *review* biaya pemeliharaan dan pengoperasian.
- **Implementasi penuh** - Kontrak dengan operator dilanjutkan. Perhitungan ulang terhadap penyesuaian nilai kontrak telah selesai dilakukan. Operator telah selesai mempersiapkan semua infrastruktur yang dibutuhkan dan diwajibkan untuk mengoperasikan dan memelihara bus listrik sesuai spesifikasi Transjakarta.

Pemilihan Teknologi & Perencanaan Infrastruktur Pengisian Daya

Tahap Uji Coba

Untuk tahap uji coba, yaitu pada tahun antara 2019 dan 2022, Transjakarta telah memperkenalkan tiga jenis armada: bus lantai rendah 12-meter, bus medium 7,5-meter, dan bus dek tinggi 12 m yang beroperasi di koridor BRT. Bus lantai rendah 12 m merupakan salah satu jenis bus listrik yang banyak digunakan di negara lain dan cocok dengan model bus lantai rendah yang digunakan oleh Transjakarta untuk layanan non-BRT (Metrotrans). Untuk tipe armada tersebut, Transjakarta memperkenalkan model dari pabrikan Cina, seperti BYD K9, Higer, Golden Dragon, Zhongtong, dan Skywell. Model-model tersebut memiliki kapasitas baterai yang hampir sama, berkisar antara 322-350 kWh. Semua model menggunakan baterai LFP.



Gambar 33. Higer KLQ6125GEC-101, Diuji Coba pada September - Desember 2021

Pada Juli 2022, Transjakarta menandatangani MoU (*Memorandum of Understanding*) dengan penyedia kendaraan listrik lokal, PT Mobil Anak Bangsa (MAB), untuk implementasi bus listrik. Inisiatif dimulai dengan uji coba bus listrik BRT *high-deck* 12 m di Koridor 6B. Spesifikasi bus listrik tersebut antara lain memiliki kapasitas baterai 315 kWh, jarak tempuh 250 kilometer, dan waktu pengisian 1,5-2 jam. Bus listrik diproduksi di Indonesia dan tingkat komponen dalam negeri mencapai 35%. Semua model yang dibahas sebelumnya menggunakan pengisian *plug-in*. Pada tahap uji coba di tahun 2020, produk BYD dari seri C6 digunakan untuk uji coba model bus listrik medium 7,5 meter.



Gambar 34. Uji Coba Bus BYD C6 Transjakarta, 2020

Tahap Pilot: 100 Unit Low-Deck Bus Besar Listrik

Menggunakan model yang sama dengan model yang digunakan saat fase uji coba, pada Juni 2022, Transjakarta melakukan fase pilot dengan mengerahkan 30 unit bus lantai rendah 12-meter dengan merk asal Cina, BYD K9. 30 unit bus besar ini dioperasikan oleh Mayasari Bakti. Tipe pengisi daya yang digunakan untuk fase pilot adalah DC 2 x 100 kW CCS2 dengan pengisi daya berjenis *plug-in*, dengan rasio pengisi daya terhadap jumlah bus ditetapkan di 1:3. Semua bus melakukan pengisian semalaman (*overnight charging*) di depo milik operator.



Gambar 35. Bus BYD K9 yang Digunakan Transjakarta pada Fase Pilot

Penting untuk memastikan pengisi daya kompatibel dengan bus listrik. Model fasilitas pengisian daya yang kompatibel dengan bus listrik merupakan rekomendasi dari penyedia bus listrik. Untuk tahap pilot Transjakarta, operator dan produsen fasilitas pengisian daya telah mengirimkan pengisi daya bus listrik yang akan digunakan selama tahap ini ke Tiongkok untuk uji kompatibilitas, dan untuk mendapatkan lisensi dari BYD Tiongkok bahwa fasilitas pengisian daya kompatibel dengan model bus listrik.



Gambar 36. Pengisi Daya Double Gun Bertipe Plug-in DC CCS2, dengan Keluaran Daya Maksimum 200 kW oleh Powerindo Prima yang Digunakan pada Depo Operator

Pada akhir Desember 2023, 100 unit bus listrik lantai rendah pada fase pilot seluruhnya beroperasi melalui penambahan bertahap 70 unit bus listrik sejak pertengahan 2023. Pada Juni 2023, Mayasari Bakti menambah 22 unit bus listrik dengan model yang sama, sehingga, operator tersebut memiliki total 52 unit bus listrik *low deck*. Selain 52 unit bus listrik yang dimiliki oleh Mayasari Bakti, 48 unit bus listrik dioperasikan oleh 2 operator lainnya: 26 unit bus listrik oleh DAMRI yang menggandeng model bus listrik Skywell, dan 22 unit bus listrik oleh Bianglala Metropolitan dengan model bus listrik Golden Dragon (SAG). Serupa dengan BYD K9, dua model bus listrik tersebut sudah melakukan tahap uji coba terlebih dahulu. Serupa dengan 30 unit bus listrik *low deck* sebelumnya, 70 unit bus besar listrik *low deck* yang mulai dioperasikan pada 2023 menggunakan teknologi pengisian daya *plug-in* DC 2 x 100 kW CCS2. Pengisian daya dari 10% - 20% membutuhkan waktu 1 – 2 jam. Tidak ada perubahan ketentuan rasio pengisi daya terhadap jumlah bus, tetap pada 1:3. Kebutuhan energi bus dapat dipenuhi melalui pengisian semalaman (*overnight charging*) di depo milik operator, tanpa butuh melakukan *opportunity charging*.



Gambar 37. Bus Listrik High Deck 12-meter yang Beroperasi pada Layanan BRT Transjakarta

Implementasi Bus Listrik High-deck 12 Meter untuk Layanan BRT

Transjakarta melakukan penambahan 200 unit bus listrik pada Desember 2024. Berbeda dengan pengadaan 100 unit bus listrik sebelumnya yang merupakan bus besar lantai rendah (*low deck*), pengadaan 200 unit bus listrik pada Desember 2024 merupakan bus besar *high deck*, yang dioperasikan untuk Koridor BRT. Pengoperasian bus listrik BRT ini juga menggandeng tiga operator: DAMRI, Sinar Jaya, dan Sinar Jaya, dengan 4 model bus listrik: BYD, Golden Dragon (SAG), Zhongtong, dan Skywell. Serupa dengan pengadaan bus besar 12-meter *low deck* pada fase pilot, salah satu alasan mengapa bus besar 12-meter *high deck* dipilih adalah karena tidak kebutuhan energi operasional harian dapat dipenuhi hanya dengan *overnight charging* pada depo, sehingga tidak dibutuhkan *opportunity charging* pada jam operasional.

Berbeda dengan 100 unit bus listrik pada fase pilot yang seluruhnya diimpor utuh (*Completely Built-Up/CBU*), 20 unit bus besar listrik *high-deck* merk BYD merupakan bus listrik yang dirakit di Indonesia (*Completely Knocked-Down/CKD*), dengan Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN) mencapai lebih dari

40%. VKTR, selaku APM bus listrik BYD, bekerja sama dengan Karoseri Laksana, dan dioperasikan oleh Sinar Jaya.

Rencana Operasional dan Pemilihan Rute

Tahap Uji Coba dan Pilot

Pada tahap uji coba, Transjakarta memilih rute EV1: Blok M – Balai Kota sebagai lintasan percontohan untuk mengoperasikan bus listrik BYD K9, BYD C6, dan Higer KLQ 6125 GEC-101. Rute ini melewati kawasan pusat bisnis (CBD), sehingga memberikan eksposur yang baik kepada masyarakat Jakarta terhadap teknologi bus listrik. Sementara itu, untuk uji coba bus listrik low-entry 12 meter lainnya dan bus BRT produksi Mobil Anak Bangsa, digunakan rute non-BRT 5F: Kampung Melayu – Tanah Abang serta rute BRT 6B: Ragunan – Monas. Pemilihan berbagai jenis rute pada tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan konsumsi energi bus listrik dalam berbagai kondisi operasional.

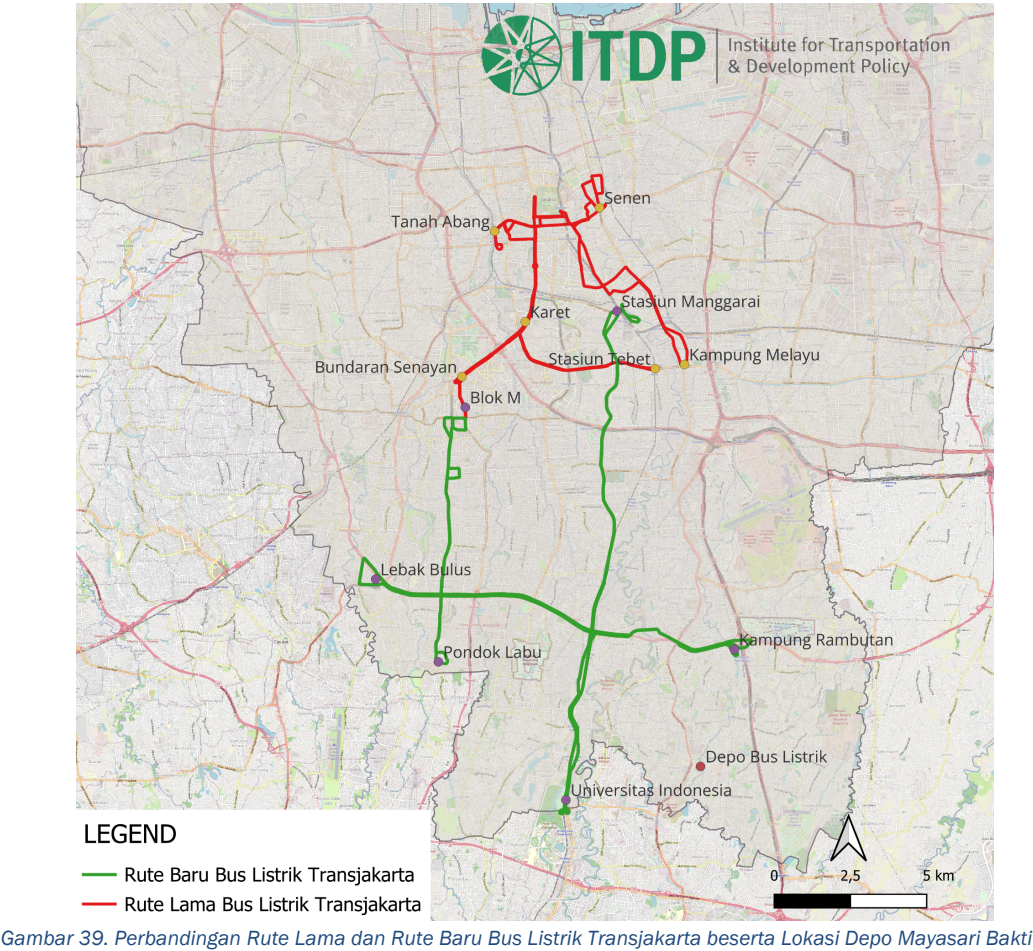


Gambar 38. Rute Transjakarta: EV1 untuk Mendemonstrasikan Bus Listrik kepada Warga Jakarta
Sumber: twitter.com/PT_Transjakarta

Berbeda dengan tahap uji coba di mana Transjakarta tidak membebankan biaya apa pun kepada penumpang bus listrik, pada tahap pilot, penumpang bus listrik harus membayar Rp 3.500 saat naik bus. Tarifnya serupa dengan layanan Transjakarta lainnya. Untuk 30 bus pertama di tahap pilot, Hingga Juni 2023, bus listrik beroperasi di empat rute non-BRT (**“rute lama bus listrik Transjakarta”**), yaitu 1N (Blok M - Tanah Abang), 1P (Blok M - Senen), 6D (Karet - Bundaran Senayan), dan 5M (Kampung Melayu - Tanah Abang), yang melewati pusat kota dan daerah perkantoran.

Mulai Juli 2023, bus listrik dipindahkan dari rute lama melayani empat rute baru di daerah selatan Jakarta (**“rute baru bus listrik Transjakarta”**), yaitu rute 1E (Blok M - Pondok Labu), D21 (Lebak Bulus - Universitas Indonesia), 7A (Kampung Rambutan - Lebak Bulus). Bus listrik juga beroperasi di 4B (Stasiun Manggarai - Universitas Indonesia) saat akhir pekan. Sebelum dipindahkan ke rute 1E, D21, 7A, dan 4B, bus listrik memiliki rata-rata kilometer kosong (*dead kilometer*) harian sepanjang 42,50 km. Setelah dipindahkan ke rute baru, kilometer kosong berkurang 21,21% menjadi 27,63 km.

Visualisasi perbandingan rute lama yang diwakilkan dengan garis merah dan rute baru yang diwakilkan dengan garis hijau serta relatif jarak terhadap Depo Bus Listrik Mayasari Bakti tercantum pada **Gambar 39**.



Tabel 43. Perbandingan Keunggulan Rute Lama dan Rute Baru Bus Listrik

Rute Lama Bus Listrik	Rute Baru Bus Listrik
Melewati pusat kota dan area kawasan perkantoran, baik untuk mendemonstrasikan manfaat dan armada bus listrik kepada masyarakat	Lebih dekat dari lokasi depo, kilometer kosong lebih rendah, biaya operasional dan penggunaan energi lebih efisien.

Setelah 100 unit bus listrik lantai rendah pada fase pilot seluruhnya beroperasi pada Desember 2023, lebih banyak rute non-BRT dijangkau dengan bus listrik, misalnya rute 4C (JIEP – Bundaran Senayan), 4F (Pulo Gadung – Pinang Ranti), dan 11Q (Kampung Melayu – Pulo Gebang via Banjir Kanal Timur).

Tidak ada perbedaan jam operasional antara bus listrik Transjakarta dengan bus konvensional pada layanan reguler. Jam operasional dimulai pukul 05.00 dan selesai pukul 22.00. Mulai pukul 20.00, armada secara bertahap kembali ke depo. Armada bus listrik kemudian melakukan pengisian daya dengan metode pengisian semalaman (*overnight charging*) di depo.

Implementasi Bus Listrik High-deck 12 Meter untuk Layanan BRT

Rute-rute BRT yang dipilih untuk menggunakan bus listrik adalah rute yang memiliki terminus relatif dengan depo, yaitu Koridor 2, Koridor 4, Koridor 6 (termasuk Rute 6A & 6B), dan Koridor 14.

Kerangka Kontraktual, Pendanaan, dan Mekanisme Pembiayaan

Transjakarta berkontrak dengan operator bus untuk mengoperasikan bus listrik dalam tahap pilot di bawah *gross-cost contract/service-based payment* selama 10 tahun, yang mirip dengan kerangka kontrak yang sebelumnya digunakan oleh Transjakarta dengan bus konvensional dan CNG. Berbeda dengan tahap uji coba di mana Transjakarta tidak membebaskan biaya apa pun kepada penumpang bus listrik, pada tahap pilot, penumpang bus listrik harus membayar Rp 3.500 saat naik bus. Tarifnya serupa dengan layanan Transjakarta lainnya.

Operator bus bekerja sama dengan distributor resmi model bus listrik lokal untuk pengadaan armada bus listrik dan perawatan bus listrik. Operator bus juga menyediakan area depo, dan menyediakan tenaga kerja yang dibutuhkan. Untuk membangun infrastruktur pengisian di depo, operator bus bekerja sama dengan penyedia infrastruktur pengisian pihak ketiga untuk mendapatkan fasilitas pengisian daya yang dibutuhkan dan pekerjaan konstruksi untuk infrastruktur pengisian daya. Operator bus juga berkoordinasi dengan PLN terkait kebutuhan peningkatan gardu induk yang terhubung dengan infrastruktur pengisian daya.

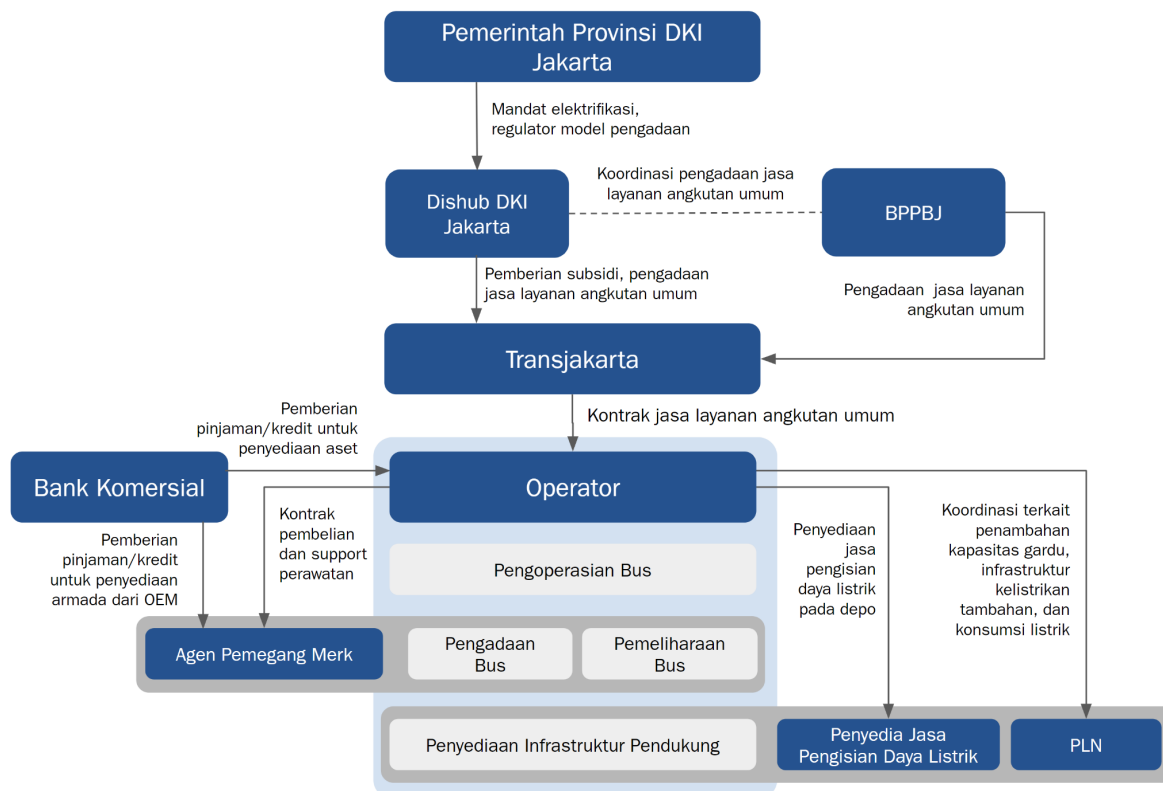


Gambar 40. Infrastruktur Pengisian Daya pada Depo Operator Bus Listrik Transjakarta

Untuk membayar Rp/km kepada operator, Transjakarta didukung oleh skema subsidi berupa kewajiban pelayanan publik (PSO) dari Pemerintah DKI Jakarta yang menyumbang 80-90% dari total pendapatan Transjakarta⁵¹. Untuk pengadaan bus, operator mendapatkan pinjaman dari bank komersial lokal dengan rasio utang terhadap ekuitas 65:35 dan tingkat bunga 12,5%⁵².

⁵¹ Transjakarta Annual Report, 2018 – 2021. ITDP Analysis.

⁵² Preliminary Market Consultation with Bank Mandiri. August 2022.



Gambar 41. Model Bisnis Bus Listrik Transjakarta dengan Skema Kontrak Berbasis Layanan

Model *Leasing* Antara bus Listrik dengan Kalista

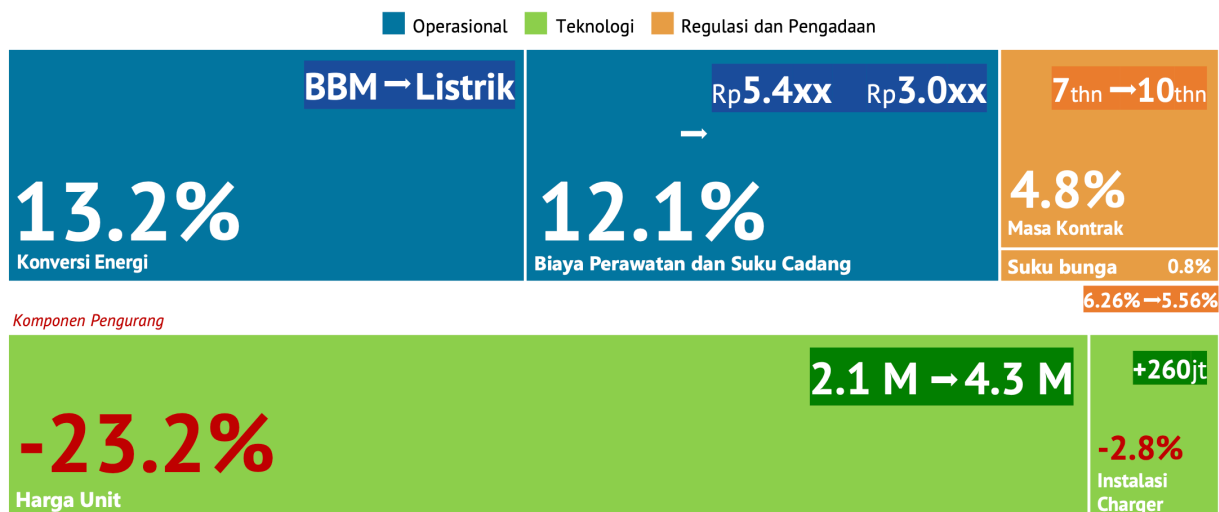
Umumnya, operator Transjakarta melakukan pembelian armada bus listrik kepada Agen Pemegang Merek, seperti yang terdapat pada **Gambar 18**. Namun, Selain pembelian armada, DAMRI dan Kalista menjalin kontrak dengan model *leasing* untuk model bus listrik 12-meter lantai rendah *Skywell*. Kalista menyediakan armada (melalui model *leasing*) dan merekomendasikan model fasilitas pengisian daya kepada DAMRI. Pembayaran Rp/km dari Transjakarta dibagi untuk operasional yang diberikan ke DAMRI, dan pembayaran sewa armada selama masa kontrak ke Kalista. Model ini mengatasi salah satu permasalahan elektrifikasi transportasi publik, yaitu **tingginya biaya modal di awal**.

Dampak Terhadap Besar BOK/km/bus

Elektrifikasi Transjakarta memberikan dampak positif tidak hanya terhadap pengurangan emisi gas buang kendaraan, namun juga ke kebutuhan subsidi per bus. Hal ini disebabkan karena kebutuhan BOK/km bus listrik yang sudah lebih rendah dari bus konvensional, karena terdapat pengurangan signifikan pada kebutuhan energi serta perawatan dan suku cadang. Hal ini membuktikan bahwa elektrifikasi tidak hanya menjadi solusi untuk peningkatan kualitas lingkungan, namun juga menjadi solusi terkait penggunaan anggaran belanja pemerintah yang lebih efektif.



Komponen yang Membuat Rp/km Bus EV Menjadi Lebih Murah 5% (Terhadap Bus ICE)



Gambar 42. Komponen yang Membuat Rp/km Bus Listrik Transjakarta Lebih Murah dari Bus Konvensional

Monitoring dan Evaluasi

- Pentingnya monitoring dan evaluasi dalam konteks tahap pilot bus listrik Transjakarta Program pilot bus listrik adalah titik awal untuk penerapan bus listrik skala besar. Ini dapat membantu Transjakarta dan pemangku kepentingan lainnya untuk lebih memahami proses dan persyaratan untuk mengelektifikasi sistem bus dan mempersiapkan transisi di masa mendatang. Oleh karena itu, pilot bus listrik sangat penting ketika kota-kota masih belum memahami dengan teknologi bus listrik. Bahkan lebih penting bagi kota-kota ini untuk memantau dan mengevaluasi kinerja tahap pilot bus listrik dengan mengumpulkan dan menganalisis data kinerja bus listrik di dunia nyata.

Untuk Transjakarta, program pilot khususnya proses pemantauan dan evaluasi merupakan sebuah kesempatan untuk menstandarisasi mekanisme pengumpulan, penyebaran, dan analisis data kinerja bus listrik di masa mendatang. Data primer yang disarankan penting untuk kebutuhan pengoperasian bus listrik dan Transjakarta harus menyertakan data tersebut dalam perjanjian sirkulasi data antara Transjakarta dan operator saat menandatangani kontrak. Dari perspektif produsen/APM bus listrik, kegiatan ini memiliki potensi untuk meningkatkan teknologi mereka agar sesuai dengan apa yang menjadi kebutuhan lokal. Operator bus listrik dapat bekerja sama dengan produsen untuk mengetahui masalah dalam desain kendaraan dengan menganalisis data operasional dan kegagalan bus listrik. Di sisi lain, otoritas pemerintah juga akan mendapat manfaat dari hasil pemantauan dan evaluasi kinerja bus listrik karena akan membantu dalam proses perencanaan investasi dalam elektrifikasi bus, memutuskan jumlah subsidi, dan merumuskan kebijakan yang efektif serta mengurangi beban keuangan operator bus listrik.

- Persiapan pengumpulan data Matriks pemantauan dan evaluasi dikembangkan berdasarkan pengalaman di tingkatan global. Matriks tersebut mempertimbangkan operasional harian dan aspek keberlanjutan program pilot, termasuk efisiensi operasional, serta dampak ekonomi, lingkungan, dan sosial serta gender. Matriks pemantauan dan evaluasi dibagi menjadi 4 kategori dan 23 indikator, yaitu: performa kendaraan, performa operasional, dampak lingkungan, serta dampak sosial dan gender. Tabel di bawah merangkum semua data primer yang harus dikumpulkan dan pihak yang menjadi penanggung jawab.

Tabel 44. Data Primer yang Dibutuhkan untuk Matriks Evaluasi

Matriks	Data primer yang diperlukan				Frekuensi pengumpulan	Dikumpulkan oleh
Performa kendaraan dan operasional	Untuk setiap bus: - Rute bus - Jenis bus - Lokasi awal - Lokasi akhir - Nomor Plat. - Lokasi depo - Tanggal	Untuk setiap perjalanan: - Asal - Tujuan - Waktu mulai - Jarak tempuh awal - SOC awal - Waktu akhir - Jarak tempuh akhir - SOC akhir	Untuk setiap pengisian daya: - Waktu mulai - SOC awal - Waktu akhir - SOC akhir - Listrik yang terisi	Untuk setiap adanya gangguan kendaraan: - Durasi - Deskripsi kegagalan - Waktu tindakan	Setiap hari di setiap bus/ perjalanan/ pengisian daya/ gangguan kendaraan.	Operator (oleh pengemudi).
	Untuk setiap kejadian kegagalan infrastruktur pengisian daya: - Nama Depo - Nomor infrastruktur pengisi daya - Tanggal - Durasi - Deskripsi kegagalan - Waktu tindakan				Setiap hari di setiap adanya kegagalan.	Operator (oleh staf pemeliharaan infrastruktur pengisi daya).
Performa operasional	CAPEX dan OPEX (termasuk biaya staf, biaya suku cadang, biaya pemeliharaan, biaya listrik, dan biaya lainnya).				Setiap bulan	Operator
Dampak Lingkungan	Jumlah penumpang				Setiap bulan	Transjakarta
Dampak sosial dan gender	Jumlah penumpang penyandang disabilitas				Setiap Tahun	Operator
	Jumlah pengemudi bus listrik Transjakarta dan staf teknis (yang melakukan pemeliharaan) yang dipisahkan berdasarkan jenis kelamin, usia, dan status disabilitas.				Setiap Tahun	Operator
	Jumlah staf Transjakarta (termasuk staf teknis) yang berpartisipasi dalam pelatihan apa pun yang berasal dari implementasi bus listrik yang diselenggarakan oleh Transjakarta (data dipisahkan berdasarkan jenis kelamin, usia, dan status disabilitas).				Setiap Tahun	Operator dan Transjakarta

- Kesepakatan berbagi data (*data sharing*) dalam kontrak
 Dalam rangka memastikan proses evaluasi yang berkelanjutan, kerja sama baik untuk Transjakarta dan operator diperlukan untuk memungkinkan proses pencatatan data, penyimpanan data, dan sirkulasi data. Hal ini disebabkan oleh kegiatan pencatatan tidak bisa dilakukan sendiri oleh Transjakarta, karena dalam hal ini Transjakarta tidak mengoperasikan bus listriknya sendiri melainkan memilih operator melalui proses tender. Jadi, dalam hal ini Transjakarta tidak memiliki seluruh data kecuali dengan dukungan dan kerja sama operator. Bentuk koordinasi ini harus diikat dengan dokumen kontrak dan harus jelas serta disepakati oleh kedua belah pihak. Transjakarta harus menentukan data mana yang dapat dikumpulkan oleh Transjakarta dan data mana yang harus dilakukan oleh operator.

Dengan cara itu, kontrak dapat mempertegas kewajiban operator untuk menyediakan. Tabel di bawah ini menunjukkan permasalahan yang dianalisis selama monitoring dan evaluasi tahap pilot bus listrik Transjakarta yang dilakukan oleh ITDP, didukung oleh TUMI E-bus Mission.

Tabel 45. Kewajiban Operator Terkait Monitoring dan Evaluasi

No	Pernyataan Kontrak	Status
1	Menyediakan peralatan dan sistem pemantauan yang terintegrasi dengan pusat komando Transjakarta.	Data <i>dashboard</i> dapat diperoleh dengan mengekstraksi data dari <i>server</i> penyedia bus namun masih belum terintegrasi dengan pusat komando Transjakarta.
2	Mengizinkan dan memberikan akses kepada Transjakarta, instansi lain yang berwenang, dan/atau auditor independen yang ditunjuk dan disetujui oleh Transjakarta untuk memperoleh segala bentuk informasi yang berkaitan dengan pelaksanaan perjanjian ini.	Semua permintaan data harus melalui permintaan surat resmi dan butuh waktu lama untuk mendapatkan data dari operator sebagai konsekuensi detail data yang dibutuhkan tidak tercantum dalam kontrak.
3	Mengawasi pelaksanaan dan mendapatkan akses seluas-luasnya terhadap dokumen dan informasi mengenai hasil rekaman kegiatan operator bus.	Semua permintaan data harus melalui permintaan surat resmi dan butuh waktu lama untuk mendapatkan data dari operator sebagai konsekuensi detail data yang dibutuhkan tidak tercantum dalam kontrak.
4	Operator bus wajib menyampaikan laporan bulanan yang memuat sekurang-kurangnya: • Perintah pengoperasian harian. • Kilometer bus yang ditempuh. • Laporan kegiatan pemeliharaan berkala dan non-berkala. • Kerusakan bus, dan kekurangan lainnya yang memerlukan perbaikan atau penyesuaian.	Perintah operasi harian dan data perjalanan kilometer bus telah diserahkan ke Transjakarta. Namun, data aktivitas perawatan dan kerusakan bus belum diterima Transjakarta.
5	Operator bus setuju untuk menyediakan pemantauan data <i>real-time</i> dan menyediakan akses Transjakarta ke sistem pemantauan yang berkaitan dengan kinerja operator bus berdasarkan Perjanjian ini. Operator bus selanjutnya setuju untuk memasang perangkat di bus untuk memungkinkan Transjakarta mengakses lokasi dan status bus secara <i>real-time</i> .	Lokasi dan status bus secara <i>real-time</i> dapat diperoleh dengan data <i>dashboard</i> dari <i>server</i> produsen bus, namun masih belum terintegrasi dengan pusat komando Transjakarta.

Selain memperkuat koordinasi antara Transjakarta dan operator bus, seharusnya Transjakarta juga memberikan rincian data yang perlu disediakan oleh operator bus beserta kerangka waktu penyerahan data. Formulir monitoring dan evaluasi bus listrik dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

- **Gambaran Umum Data Primer dari Operator**
Hingga akhir Januari 2023, Transjakarta telah menyediakan data operasional selama 10 bulan, terhitung dari 4 Maret 2022 hingga 31 Desember 2022. Dataset tersebut terdiri dari SOC awal dan akhir, serta jarak yang ditempuh setiap kendaraan pada setiap harinya, dan total terdapat 5.814 *record* yang valid. Terlepas dari jumlah data yang tersedia, kualitas data ini masih buruk dengan banyak kekurangan dan kesalahan yang disebabkan oleh kesalahan manusia.

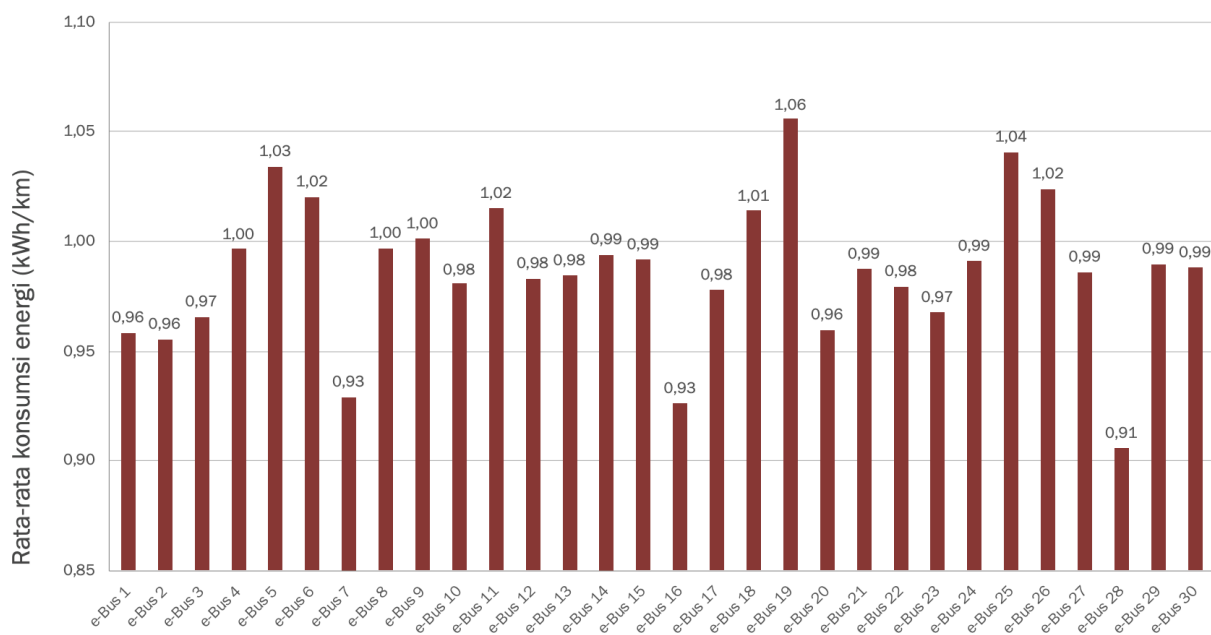
Tabel 46. Nilai Rata-rata Harian dari Performa Kendaraan

Kode Bus Listrik	SOC yang dikonsumsi (%)	kWh yang dikonsumsi (kWh)	Jarak yang ditempuh (km)	Jarak tempuh per SOC (km/SOC)	Jarak tempuh per kWh (km/kWh)	Konsumsi per km (kWh/km)
E-Bus 1	70%	225.54	235.26	3.40	1.04	0.96
E-Bus 2	69%	224.23	235.52	3.41	1.05	0.95
E-Bus 3	69%	224.06	232.70	3.38	1.04	0.97
E-Bus 4	73%	236.28	237.39	3.26	1.00	1.00
E-Bus 5	75%	241.95	234.45	3.14	0.97	1.03
E-Bus 6	75%	236.22	231.42	3.19	0.98	1.02
E-Bus 7	67%	217.99	235.09	3.50	1.08	0.93
E-Bus 8	72%	232.58	233.84	3.27	1.00	1.00
E-Bus 9	74%	240.52	238.57	3.24	1.00	1.01
E-Bus 10	71%	228.58	234.13	3.34	1.02	0.98
E-Bus 11	74%	238.49	235.04	3.20	0.98	1.02
E-Bus 12	71%	230.95	235.05	3.31	1.02	0.98
E-Bus 13	72%	232.57	236.49	3.31	1.02	0.98
E-Bus 14	72%	231.67	233.47	3.27	1.01	0.99
E-Bus 15	72%	232.26	234.77	3.29	1.01	0.99
E-Bus 16	68%	221.91	239.82	3.51	1.08	0.93
E-Bus 17	72%	232.26	237.77	3.33	1.02	0.98
E-Bus 18	73%	235.06	232.10	3.21	0.98	1.01
E-Bus 19	75%	243.71	231.53	3.09	0.95	1.06
E-Bus 20	69%	223.14	232.97	3.39	1.04	0.96

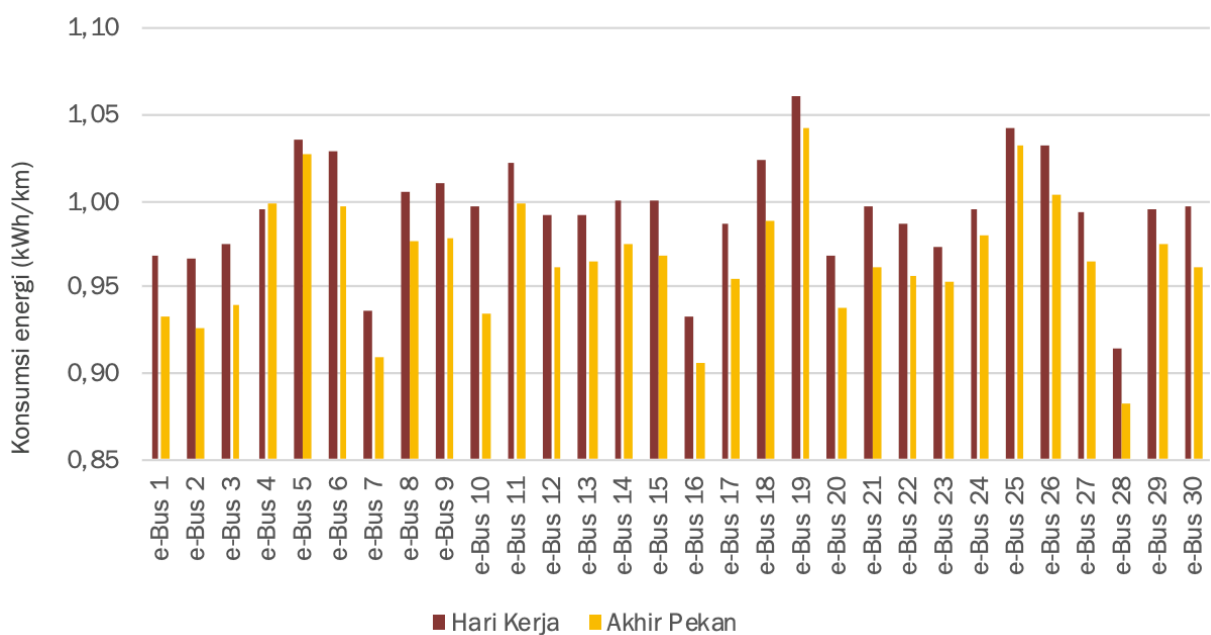
Kode Bus Listrik	SOC yang dikonsumsi (%)	kWh yang dikonsumsi (kWh)	Jarak yang ditempuh (km)	Jarak tempuh per SOC (km/SOC)	Jarak tempuh per kWh (km/kWh)	Konsumsi per km (kWh/km)
E-Bus 21	71%	228.63	231.95	3.30	1.02	0.99
E-Bus 22	71%	231.02	236.24	3.32	1.02	0.98
E-Bus 23	70%	227.48	235.24	3.36	1.03	0.97
E-Bus 24	71%	231.29	233.81	3.28	1.00	0.99
E-Bus 25	73%	238.00	228.98	3.13	0.97	1.04
E-Bus 26	74%	238.89	233.95	3.19	0.98	1.02
E-Bus 27	71%	229.90	233.56	3.30	1.01	0.99
E-Bus 28	66%	214.57	237.21	3.60	1.10	0.91
E-Bus 29	71%	231.52	234.43	3.29	1.01	0.99
E-Bus 30	71%	229.54	232.57	3.30	1.02	0.99
Rata-rata	71%	230.80	234.51	3.31	1.02	0.99

- **Temuan**

Berdasarkan monitoring dan evaluasi tersebut, terdapat dua temuan utama, yaitu: Transjakarta masih melakukan pendataan operasional bus listrik secara manual dengan meminta pramudi mentranskrip data tersebut pada aplikasi yang terpasang di ponsel. Metode ini dapat mengurangi efisiensi transmisi data secara *real-time*. Di sisi lain, data yang terkumpul juga kurang detail. Meskipun tim evaluator telah menentukan persyaratan dan formulir pengumpulan data sebelumnya, operator tidak selalu melakukan perekaman data dengan frekuensi yang diperlukan: data operasional harus dicatat untuk setiap *trip* perjalanan dalam operasi harian. **Gambar 38** menunjukkan efisiensi energi masing-masing bus yang telah dioperasikan pada tahap pilot, sedangkan **Gambar 39** menggambarkan konsumsi energi per km perjalanan (kWh/km) per bulan dari sejumlah sampel bus listrik.



Gambar 43. Efisiensi Energi (kWh/km) 30 Unit Bus Besar Lantai Rendah Transjakarta



Gambar 44. Konsumsi Energi per Kilometer berdasarkan Karakteristik Waktu Operasi (kWh/km)

Berdasarkan data operasional yang disediakan oleh Transjakarta, tim menganalisis performa kendaraan dan performa operasional serta melakukan survei kepuasan penumpang. Ada beberapa temuan terhadap data operasional, seperti di bawah ini:

- Karena semua bus listrik baru dan hanya ada sedikit peristiwa gangguan yang tercatat selama periode pengamatan, rata-rata efisiensi energi semua kendaraan memiliki performa yang baik dengan **rata-rata 0,95 kWh/km**. Mempertimbangkan variasi cuaca, penumpang, dan topografi, efisiensi energi dihitung berdasarkan rute, bulan, hari, akhir pekan, dan hari kerja yang berbeda. Hasil menunjukkan sedikit perbedaan, meskipun terjadi penurunan yang tidak signifikan dalam jarak tempuh per SOC yang dikonsumsi, yang menunjukkan adanya penurunan daya baterai. Meskipun demikian, disarankan untuk terus memantau kinerja bus dan lebih memperhatikan kendaraan dan rute tertentu yang memiliki efisiensi energi terburuk.

- Kuantitas data pengisian daya yang lebih banyak dan data gangguan yang detail diperlukan untuk melakukan analisis yang lebih komprehensif. Transjakarta harus memverifikasi data yang diterima dari operator sebelum pusat kendali ditingkatkan dan bus listrik diintegrasikan.
- Kilometer kosong yang terlalu besar, Transjakarta perlu menyiapkan lebih banyak depo dan terminal dengan infrastruktur pengisian daya yang dekat dengan rutenya untuk meminimalkan jarak kilometer kosong dan memastikan pengisian semalaman (*overnight charging*) untuk bus listrik.
- Umpan balik dari penumpang menunjukkan bahwa Transjakarta perlu menambah jumlah bus dan mengurangi waktu tempuh, sehingga mampu meningkatkan tingkat pelayanan.
- Rekomendasi
Berdasarkan hasil analisis, rekomendasi untuk mengatasi masalah dan mengoptimalkan seluruh pengoperasian tahap pilot bus listrik yang dikelola oleh Transjakarta, yaitu:
 - Pemberian dukungan teknis dan fiskal untuk pengoperasian bus listrik dan infrastruktur pengisian daya.
 - Merumuskan mekanisme pengumpulan dan sirkulasi data secara detail.
 - Peningkatan pusat kendali bus listrik dan bangun kapasitas pada Sistem Transportasi Cerdas.
 - Kembangkan model bisnis berkelanjutan jangka panjang untuk pengadaan, pengoperasian, dan pengisian bus listrik.
 - Merangkum pengalaman yang diperoleh dan pelajaran dari program pilot.

11.2 Studi Kasus: Operasional Bus Listrik di Kota Bandung, Surabaya, dan Medan

Mengikuti jejak Jakarta, mulai banyak kota-kota lain di Indonesia menggunakan bus listrik pada layanan transportasi publik reguler mereka. Bandung dan Surabaya merupakan dua kota pertama yang menggunakan bus listrik, sejak 2022. Bus listrik yang digunakan di Surabaya dan Bandung tersebut merupakan model E-Inobus yang dirakit oleh PT INKA yang sebelumnya digunakan pada perhelatan G20 di Bali. E-Inobus memiliki panjang 8 meter dan berkapasitas 25 tempat duduk. Baterai yang digunakan pada bus merupakan baterai LFP dengan kapasitas 138 kWh dan jangkauan 160 kilometer untuk satu kali pengisian daya. Untuk menunjang operasionalnya, disediakan fasilitas pengisian daya yang berlokasi di Terminal Purabaya, Surabaya dan depo milik operator⁵³. Serupa dengan bus listrik Trans Semanggi Suroboyo, bus listrik Trans Metro Pasundan didukung oleh fasilitas pengisian daya di Terminal Leuwipanjang dan depo milik operator⁵⁴. Pengisian daya yang digunakan merupakan pengisian daya *plug-in* model SETRUM yang diproduksi oleh PT INKA, dengan keluaran 2 x 60 kW⁵⁵. Bus listrik membutuhkan pengisian daya *opportunity charging* di sela-sela jam operasional.

⁵³ detik.com, "Rute dan Harga Tiket Bus Listrik Surabaya", 21 Desember 2022. <https://www.detik.com/jatim/berita/d-6473051/rute-dan-harga-tiket-bus-listrik-surabaya> [Diakses 9 Juni 2023]

⁵⁴ jabarprov.go.id, "Bus Listrik yang Dioperasikan Sudah Disesuaikan Kontur Bandung Raya", 24 Desember 2022. <https://jabarprov.go.id/berita/bus-listrik-yang-dioperasikan-sudah-disesuaikan-kontur-bandung-raya-8033> [Diakses 9 Juni 2023]

⁵⁵ oto.detik.com, "Mengintip Spesifikasi Bus Listrik Bekas KTT G20 yang Kini Digunakan di Bandung, 29 Desember 2022. <https://oto.detik.com/berita/d-6486934/mengintip-spesifikasi-bus-listrik-bekas-ktt-g20-yang-kini-digunakan-di-bandung> [Diakses 9 Juni 2023]



Gambar 45. Bus Listrik INKA E-Inobus yang Digunakan pada Layanan Trans Semanggi Suroboyo



Gambar 46. Proses Pengisian Daya Bus Listrik INKA E-Inobus di Stasiun Pengisian Daya di Terminal Purabaya, Surabaya

Di Surabaya, Bus listrik E-Inobus INKA dioperasikan oleh PERUM DAMRI, dan merupakan bagian dari program *Buy The Service Teman Bus* yang dikelola oleh Kementerian Perhubungan. INKA dan PERUM DAMRI melakukan Kerja Sama Operasi (KSO), di mana pembayaran Rp/km dari Kementerian Perhubungan dibagi menjadi pembayaran biaya investasi armada untuk INKA dan biaya operasional untuk PERUM DAMRI.

Namun, karena kontrak yang telah selesai dan sejumlah kendala teknis yang dialami bus listrik sebelumnya, pada 2025, Bus Listrik E-Inobus INKA tidak beroperasi lagi di Surabaya dan Bandung. Pada rute yang sama, bus listrik yang sebelumnya beroperasi diganti dengan bus konvensional. Namun, pada November 2024, Surabaya mengoperasikan bus listrik dengan menggandeng model yang berbeda: Hyundai Elec County dan Skywell NJL6730BEV. Keduanya merupakan bus medium listrik yang memiliki panjang ~7,5 meter. Terdapat 12 bus yang menggunakan model Hyundai dan Skywell tersebut, yang beroperasi pada Terminal Purabaya - UNAIR Kampus C.

Serupa dengan bus listrik E-Inobus INKA di Surabaya, bus medium listrik merk Hyundai dan Skywell tersebut membutuhkan pengisian daya secara *overnight* dan *opportunity charging*. Pengisian daya juga dilakukan di stasiun pengisian yang berlokasi di Terminal Purabaya, dengan perbandingan jumlah pengisian daya dan bus listrik sebesar 1:4.



Gambar 47. Proses Pengisian Daya Bus Listrik Medium Merek Skywell di Terminal Purabaya, Surabaya

Medan merupakan kota ketiga yang mengoperasikan bus listrik. 60 unit bus listrik mengaspal di kota tersebut sejak pertengahan 2024, yang melayani 5 koridor. Berbeda dengan Surabaya dan Bandung, Medan menggunakan bus listrik 10,5-meter, menggandeng merk Higer, dengan kapasitas baterai 303 kWh. Kota Medan melakukan kontrak pembelian layanan dengan operator, yaitu Big Bird. Big Bird menggandeng Kalista untuk menyediakan bus listrik sekaligus infrastruktur pengisian dayanya. Bus listrik dapat menempuh jarak operasional hingga 265 km, yang memenuhi jarak tempuh harian operasional di ke-5 rute. Oleh karena itu, bus listrik di Medan tidak membutuhkan *opportunity charging*. Hingga saat ini, pengisian daya dilakukan di depo milik operator. 60 unit bus listrik tersebut didukung oleh 18 unit fasilitas pengisian daya dengan keluaran 180 kW, atau dengan perbandingan jumlah unit pengisian daya dan bus listrik sebesar 1 : 3.



Gambar 48. Bus Listrik di Medan

Selain Surabaya, Bandung, dan Medan, Kota Yogyakarta juga mengoperasikan dua unit bus listrik medium sejak awal 2025, menggandeng merek Mobil Anak Bangsa.

11.3 Studi Kasus: Uji Coba Bus Listrik di Kota-kota Lainnya

Selain Jakarta, Medan, Surabaya, dan Yogyakarta, sejumlah kota-kota lain di Indonesia sudah melakukan uji coba bus listrik secara terbatas. Umumnya, **pemerintah kota bekerja sama dengan APM/penyedia bus** untuk melakukan uji coba selama 3 bulan. Umumnya, tujuan uji coba adalah mendemonstrasikan penggunaan bus listrik kepada masyarakat luas dan mengetahui performa bus listrik di kondisi lokal. Kota-kota yang sudah melakukan uji coba bus listrik namun belum mengoperasikan bus listrik secara reguler pada layanan transportasi publik mereka, diantaranya: Banda Aceh, Pekanbaru, Jambi, Bogor.

11.4 Pelajaran yang Dipetik dari Kota-Kota Global

Akan ada hambatan untuk setiap perubahan atau transformasi, termasuk elektrifikasi. Oleh karena itu, ada beberapa hal yang perlu digarisbawahi untuk mempercepat elektrifikasi di kota-kota di Indonesia:

- 1. Dukungan kebijakan sangat penting untuk percepatan elektrifikasi.**

Banyak kota-kota di dunia, seperti Shenzhen di Cina, dapat melanjutkan elektrifikasi bus karena mereka memiliki dukungan kebijakan yang kuat dari pemerintah. Dukungan kebijakan itu sendiri membutuhkan prioritas yang jelas dan tindakan yang dapat dilaksanakan. India memiliki prioritas yang jelas untuk elektrifikasi secara nasional melalui kerangka FAME (*Faster Adoption and Manufacturing of Electric Vehicles*).
- 2. Setiap kota memiliki tingkat kondisi transportasi publik yang berbeda - beda.**

Tidak semua praktik terbaik dapat direplikasi ke satu kota atau lainnya. Hal-hal mendasar yang harus diidentifikasi sebelum elektrifikasi setiap kota adalah penggerak utama (internal dan eksternal), kebijakan pendukung, kondisi terkini dari transportasi publik dan kerangka kelembagaan, dan dukungan yang tersedia/dibutuhkan dari pihak eksternal.
- 3. Memperbaiki hal-hal mendasar terkait transportasi publik terlebih dahulu.**

Transformasi ke bus listrik perlu memastikan bahwa kondisi transportasi publik sudah baik dengan tingkat pelayanan tertentu yang disediakan. Reformasi transportasi publik yang sifatnya masih dalam bentuk informal, tidak diatur dan tidak dapat diandalkan perlu dilakukan untuk mencapai kesepakatan tingkat layanan.
- 4. Mengubah model bisnis yang ada.**

Pemerintah perlu menegaskan kembali mekanisme bisnis dan pembiayaan alternatif namun inovatif dengan membebaskan biaya kepada penyedia infrastruktur. Misalnya, mengizinkan skema *wet-lease* yang dapat mengurangi beban keuangan operator. Operator tidak perlu memiliki aset. Ini juga akan mendistribusikan risiko keuangan dan operasional untuk elektrifikasi.
- 5. Memperpanjang durasi kontrak bus listrik.**

Transjakarta telah memperpanjang kontrak untuk bus listrik menjadi 10 tahun, yang sebelumnya diatur maksimal 7 tahun. Kota Medan juga menetapkan kontrak bus listrik selama 10 tahun. Di kota-kota global, durasi kontrak 14 tahun atau lebih akan lebih baik untuk kontrak yang lebih hemat biaya antara regulator dan operator. Karena kendaraan listrik tidak menghasilkan emisi gas buang seiring bertambahnya usia armada, kelayakan jalan bisa menjadi satu-satunya persyaratan untuk mengoperasikan bus listrik, sehingga, biaya investasi yang perlu dikeluarkan hanya berupa CAPEX untuk penggantian baterai di tahun ke-7 atau 8.
- 6. Mempercepat penyediaan infrastruktur pengisian daya.**

Infrastruktur pengisian daya sangat penting untuk memenuhi ekosistem kendaraan listrik. Hal ini berpotensi mengurangi biaya modal yang harus dikeluarkan operator untuk mengubah teknologi. Penggunaan sistem infrastruktur pengisian daya yang *centralized* dapat mengefisienkan konsumsi energi.
- 7. Mengadopsi energi terbarukan untuk pengisian daya.**

Meskipun integrasi energi terbarukan, seperti panel surya, membutuhkan biaya investasi tambahan yang lebih tinggi, hal itu berpotensi mengurangi Total Cost of Ownership (TCO) elektrifikasi dalam jangka panjang. Integrasi energi terbarukan juga akan meminimalkan emisi *well-to-wheel* dari pembangkit listrik.
- 8. Transfer pengetahuan tentang pengoperasian dan perawatan bus listrik.**

Operator saat ini tidak memiliki pengetahuan teknis tentang pengoperasian dan pemeliharaan bus listrik. OEM dan APM (distributor resmi) perlu melakukan transfer pengetahuan teknis dalam jangka waktu tertentu untuk memastikan pemeliharaan bus listrik dan pengetahuan operasional operator.

9. Kesiapan Layanan Informasi dan Teknologi (*Information and Technology Services*, “ITS”) dan Sistem Manajemen Baterai (*Battery Management System*, “BMS”).

Elektrifikasi bus membutuhkan sistem layanan informasi dan teknologi yang canggih. Sistem ITS yang ada juga harus diperbarui untuk mengakomodasi aspek operasional bus listrik dan sistem manajemen baterai armada.

10. Mengakomodasi kebutuhan kelompok rentan untuk memastikan elektrifikasi untuk semua.

Model armada baru bisa menjadi lompatan untuk menyesuaikan dan menambah fasilitas yang dibutuhkan oleh kelompok rentan. Oleh karena itu, keterlibatan kelompok rentan secara berkala dalam proses perencanaan partisipatif menjadi penting, baik di tingkat makro (kebijakan dan program) maupun di tingkat mikro (armada, infrastruktur, dan fasilitas).

11. Elektrifikasi lintas *stakeholder* memberdayakan kelompok di semua tingkatan.

Elektrifikasi bus merupakan upaya lintas *stakeholder* dan rawan terjadi miskordinasi. Diperlukan kelompok pemberdayaan elektrifikasi antar lintas *stakeholder*, seperti tim percepatan KBLBB untuk transportasi publik, untuk menangani dan mengkoordinasikan isu-isu strategis terkait elektrifikasi.

Lampiran 1. Rekomendasi Kebijakan di Tingkat Nasional dan Daerah

Rekomendasi Kerangka Kebijakan di Tingkat Nasional untuk Menetapkan Target dan Peta Jalan Elektrifikasi Transportasi Publik, Serta Memastikan Keberlanjutan Layanan Transportasi Publik

Pada pengantar **Bagian 9**, disebutkan bahwa salah satu tahap krusial dalam perencanaan elektrifikasi adalah menetapkan target elektrifikasi transportasi publik. ITDP, didukung oleh ViriyaENB, telah menyusun kerangka kebijakan di tingkat nasional untuk penetapan landasan hukum dan peta jalan elektrifikasi transportasi publik melalui studi “Peta Jalan dan Program Insentif Nasional untuk Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan Berbasis Jalan”.

Matriks evaluasi rekomendasi kebijakan dan kerangka regulasi disusun untuk mengidentifikasi rencana aksi prioritas yang perlu dilakukan oleh sejumlah pembuat kebijakan. Terdapat dua parameter yang dianalisis secara kualitatif pada matriks evaluasi ini, yaitu:

- **Tingkat kesulitan** pembuatan/peninjauan ulang/percepatan pengesahan regulasi. Kegiatan yang semakin sulit untuk dilaksanakan ditandai dengan warna merah.
- **Dampak** pembuatan/peninjauan ulang/percepatan pengesahan regulasi terhadap percepatan elektrifikasi transportasi publik perkotaan. Kegiatan yang semakin tinggi dampaknya ditandai dengan warna hijau.

Tabel 47. Matriks Evaluasi Tingkat Kesulitan dan Dampak Paket Rekomendasi Kebijakan dan Kerangka Regulasi untuk Penetapan Landasan Hukum Target dan Peta Jalan Elektrifikasi Transportasi Publik

No	Regulasi	Kegiatan	Tingkat kesulitan	Dampak	Kesimpulan/catatan
1	RPJMN 2025 - 2029	Memasukkan pengembangan dan elektrifikasi sistem angkutan umum massal berbasis jalan sebagai salah satu proyek prioritas strategis dan memasukkan pemberian insentif untuk penyediaan armada bus listrik dan fasilitas pengisian daya untuk sistem angkutan umum massal perkotaan perlu masuk ke narasi proyek prioritas transportasi perkotaan pada RPJMN 2025 - 2029	Sedang	Sangat tinggi	Memastikan pengembangan dan elektrifikasi sistem angkutan umum massal berbasis jalan dan insentif penyediaan armada bus listrik dan fasilitas pengisian daya dalam RPJMN 2025 - 2029 merupakan hal esensial dan terpenting untuk memastikan berbagai peraturan turun di ranah teknis turut mempertimbangkan program ini, termasuk kaitannya dengan kesediaan anggaran.
2	Renstra Kemenhub/ Dirjen Hubdat 2025 - 2029	Memasukkan pengembangan dan elektrifikasi sistem angkutan umum massal berbasis jalan ke dalam Renstra, sebagai turunan RPJMN	Rendah	Tinggi	Selama sudah terdapat pada RPJMN, kegiatan akan masuk ke Renstra dengan lebih detail.
3	Rancangan Peraturan Menteri Perhubungan mengenai Peta Jalan Elektrifikasi Sistem	Pembuatan regulasi	Rendah	Tinggi	Rancangan Permenhub merupakan wujud komitmen pemerintah untuk kegiatan

No	Regulasi	Kegiatan	Tingkat kesulitan	Dampak	Kesimpulan/catatan
	Angkutan Umum Massal Perkotaan Berbasis Jalan				elektrifikasi transportasi publik perkotaan yang dibuat dalam bentuk produk hukum teknis utama, guna menetapkan target elektrifikasi transportasi publik perkotaan di daerah.
4	Rancangan Instruksi Menteri Dalam Negeri terkait Pembuatan Perda Penyelenggaraan Transportasi Publik Perkotaan, Pembuatan Peta Jalan Elektrifikasi Transportasi Publik, dan pengalokasian APBD untuk Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan	Pembuatan regulasi	Sedang	Rendah	Rancangan instruksi Mendagri memiliki dampak rendah karena Kemendagri tidak dapat memaksa daerah untuk membuat Perda Penyelenggaraan Transportasi Publik Perkotaan dan peta jalan elektrifikasi transportasi publik, termasuk pengalokasian APBD untuk elektrifikasi transportasi publik, sifatnya hanya anjuran/imbauan yang pelaksanaannya akan tergantung oleh masing-masing daerah.
5	UU No. 23/2014 tentang Pemerintahan Daerah	Peninjauan ulang undang-undang agar memasukkan bidang perhubungan ke dalam urusan wajib dasar pemerintah daerah	Sangat tinggi	Sangat tinggi	Memasukkan bidang perhubungan ke dalam urusan wajib dasar pemerintah daerah akan sangat berdampak pada peningkatan komitmen, prioritas anggaran, dan keterpenuhan SPM penyelenggaraan transportasi publik. Namun, peninjauan ulang ini harus merevisi UU yang melibatkan peran serta lembaga legislatif (DPR) di tingkat nasional, harus mempertimbangkan dampaknya ke keuangan daerah dan sektor lainnya.
7	Pedoman Penyusunan dan Penyampaian Usulan Dana Alokasi Khusus dan Permen PPN No. 4/2019 tentang Tata Cara Perencanaan Dana Transfer Khusus	Peninjauan ulang Pedoman dan Permen untuk memastikan penyelenggaraan transportasi publik perkotaan ke dalam lingkup tema DAK yang dapat dipilih pemerintah daerah	Sedang	Rendah	Peninjauan ulang pedoman dan Permen mengenai DAK memiliki dampak rendah, mengingat terdapat potensi sumber pendanaan lain yang lebih fleksibel dan kontinu untuk elektrifikasi transportasi publik perkotaan.

No	Regulasi	Kegiatan	Tingkat kesulitan	Dampak	Kesimpulan/catatan
8	Rancangan Perpres tentang Percepatan Pembangunan Angkutan Umum Massal Perkotaan	Percepatan pengesahan	Sedang	Sedang	Pengesahan Perpres Percepatan Pembangunan Angkutan Umum Massal Perkotaan dapat mendukung percepatan elektrifikasi transportasi publik perkotaan dan mendukung peta jalan yang disusun Kementerian Perhubungan.
9	Peraturan Presiden No. 12/2021 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah	Peninjauan ulang Perpres agar memperpanjang durasi kontrak tahun jamak untuk penyelenggaraan transportasi publik perkotaan	Sedang	Tinggi	Mengingat ketentuan ini berbentuk Perpres, maka Presiden sesuai dengan kewenangan dapat secara fleksibel menyetujui perubahan Perpres ini untuk mendukung percepatan elektrifikasi transportasi perkotaan karena dapat meningkatkan kepastian bisnis penyelenggaraan transportasi publik untuk operator. Namun, sekalipun presiden bisa secara fleksibel melakukan perubahan akan tetapi perubahannya bisa membutuhkan waktu yang tidak singkat karena secara bersamaan tidak menutup kemungkinan sektor-sektor lain juga turut serta meminta perubahan-perubahan untuk menunjang kinerja masing-masing sektor tersebut.
10	Peraturan/ Keputusan/ Instruksi Menteri BUMN	Pembentukan produk hukum di bawah Kementerian BUMN untuk mendukung elektrifikasi transportasi publik perkotaan	Mudah	Rendah	Produk hukum hanya bersifat instruksi/ imbauan, kecuali didukung dengan penyertaan modal negara, Kementerian BUMN tidak dapat memaksa BUMN terlibat pada program tertentu.
11	Dokumen Target Kebijakan Iklim dan Penurunan GRK	Penyelarasan rencana aksi subsektor transportasi dan proyeksi penurunan GRK	Mudah	Rendah	Penyelarasan proyeksi berdampak pada selarasnya target antar kementerian di lintas sektor, namun tidak secara langsung mempercepat elektrifikasi transportasi publik perkotaan
12	Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) dan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL)	Penyelarasan proyeksi konsumsi energi listrik	Mudah	Rendah	

Berdasarkan matriks evaluasi tingkat kesulitan dan dampak rekomendasi kebijakan, memastikan pengembangan dan elektrifikasi sistem angkutan umum massal berbasis jalan dan insentif penyediaan armada bus listrik dan fasilitas pengisian daya dalam **RPJMN 2025 - 2029** serta perumusan Rancangan **Peraturan Menteri Perhubungan terkait Peta Jalan Elektrifikasi Sistem Angkutan Umum Massal Perkotaan Berbasis Jalan** merupakan dua **rekomendasi kebijakan prioritas untuk ditindaklanjuti**. **Peninjauan UU Pemerintahan Daerah** untuk memasukkan bidang perhubungan ke dalam urusan wajib dasar pemerintah daerah, **walaupun akan sangat berdampak positif** ke penyelenggaraan transportasi publik perkotaan, akan **sangat sulit untuk dilakukan**. Untuk menjamin kuatnya komitmen dan selarasnya target, rekomendasi paket kebijakan lain tetap perlu untuk ditindaklanjuti dan masuk ke dalam rancangan perumusan/peninjauan ulang/percepatan pengesahan peraturan.

Rekomendasi Kerangka Kebijakan di Tingkat Daerah untuk Reformasi Transportasi Publik dan Percepatan Elektrifikasi: Studi Kasus Kota Surabaya

ITDP, dengan dukungan ViriyaENB, menyusun Strategi Reformasi dan Peta Jalan Elektrifikasi Transportasi Publik Perkotaan untuk Kota Surabaya Regulasi yang diperlukan untuk mendukung elektrifikasi transportasi publik Kota Surabaya diidentifikasi melalui beberapa aspek, yaitu:

- Analisis kesiapan elektrifikasi transportasi publik Kota Surabaya dan permasalahan utama kondisi transportasi publik Kota Surabaya terkait pengembangan dan elektrifikasi transportasi publik (mengacu pada matriks yang ditetapkan pada **Bagian 2**);
- Model kontrak dan kelembagaan transportasi publik di Kota Surabaya, serta rekomendasi modifikasinya;
- Tantangan elektrifikasi transportasi publik Kota Surabaya;
- Aspek teknis peta jalan elektrifikasi transportasi publik Kota Surabaya; serta
- Hasil analisis ekonomi dan finansial terkait peta jalan elektrifikasi transportasi publik Kota Surabaya.

Setelah isu-isu tersebut diidentifikasi, dilakukan analisis terhadap potensi penanganan melalui tataran regulasi. Regulasi dimaksud mencakup dukungan terhadap isu-isu kesiapan dan kondisi eksisting transportasi publik di Kota Surabaya, tantangan elektrifikasi, serta aspek teknis dari peta jalan elektrifikasi yang telah disusun. Intervensi regulasi ini dapat dilakukan pada level nasional oleh pemerintah pusat maupun pada level lokal oleh Pemerintah Kota Surabaya.

Setelah hambatan-hambatan yang dapat diintervensi melalui tataran regulasi telah diidentifikasi di tingkat pusat maupun daerah, analisis lebih lanjut dilakukan untuk mengidentifikasi bentuk regulasi (indikatif), *champion* yang akan mengeluarkan/ mengesahkan regulasi, contoh *benchmark* regulasi setipe—jika ada, serta urgensi dari regulasi tersebut terhadap implementasi bus listrik untuk layanan transportasi publik di Kota Surabaya. Urgensi penetapan regulasi ditentukan berdasarkan dampak dari ada/tidaknya regulasi tersebut terhadap realisasi peta jalan elektrifikasi transportasi publik yang telah disusun.

Tabel 48. Identifikasi Potensi Intervensi Melalui Regulasi untuk Reformasi dan Elektrifikasi Transportasi Publik Kota Surabaya

No	Kebutuhan Dukungan Regulasi	Tingkat Regulasi		Indikatif Bentuk Regulasi	Indikatif <i>Champion</i> Regulasi	<i>Benchmark</i> Regulasi	Urgensi
		Pusat	Daerah				
1	Target elektrifikasi transportasi publik perkotaan di tingkat nasional	✓		Target elektrifikasi transportasi publik perlu disusun oleh dalam peraturan di tingkat kementerian teknis, dalam hal ini Kementerian Perhubungan, sebagai acuan bagi pemerintah daerah untuk melakukan elektrifikasi transportasi publik. Adanya target juga dapat memberikan kapasitas bagi pemerintah daerah terkait transisi ke penggunaan KBLBB untuk transportasi publik perkotaan	Kementerian Perhubungan		Sedang
2	Target dan komitmen elektrifikasi transportasi publik di tingkat daerah		✓	Target dan komitmen elektrifikasi transportasi publik tercantum pada Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) , sebagai acuan utama implementasi bus listrik di tingkat daerah dan rencana strategis di tiap tahunnya. Mencantumkan penggunaan bus listrik (dalam hal ini KBLBB) dalam RPJMD merupakan hal kritical yang perlu dilakukan, agar setidaknya dalam 5 tahun ke depan, bus listrik dapat diimplementasikan.	Wali Kota Surabaya, Bappedalitbang Kota Surabaya, Dinas Perhubungan Kota Surabaya		Tinggi
3			✓	Peraturan di tingkat daerah, misalnya melalui Peraturan atau Keputusan Wali Kota, yang menetapkan target elektrifikasi transportasi publik di tingkat daerah, sesuai dengan peta jalan elektrifikasi yang telah disusun	Wali Kota Surabaya, Bappedalitbang Kota Surabaya, Dinas Perhubungan Kota Surabaya	Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 1053/2022 tentang Pedoman Percepatan Program Penggunaan KBLBB untuk Armada Dalam Layanan Angkutan Transjakarta	Tinggi

No	Kebutuhan Dukungan Regulasi	Tingkat Regulasi		Indikatif Bentuk Regulasi	Indikatif <i>Champion</i> Regulasi	<i>Benchmark</i> Regulasi	Urgensi
		Pusat	Daerah				
4	Rencana implementasi bus listrik, yang dapat dimulai pada 2026, untuk armada <i>feeder</i> /MPU, dengan lokasi pengisian daya di Terminal Kawasan Wisata Religi Ampel		✓	Rencana strategi Dinas Perhubungan untuk Tahun Anggaran 2026, termasuk Rencana Kerja Anggaran (RKA) yang telah mencantumkan tidak hanya rencana implementasi bus listrik, namun juga rencana lebih detail untuk <i>retrofitting</i> depo, terminal, dan lahan milik Pemerintah Kota Surabaya lainnya untuk keperluan pengisian daya (anggaran tidak hanya terkait pembangunan fisik, namun juga studi <i>Detailed-Engineering Design/ DED</i>)	Dinas Perhubungan Kota Surabaya		Tinggi
5	Target dan komitmen alokasi APBD untuk penyelenggaraan transportasi publik di Kota Surabaya		✓	Peraturan di tingkat daerah, yakni Peraturan Daerah yang menetapkan besar alokasi APBD, misalnya 5%, untuk menyelenggarakan transportasi publik, termasuk elektrifikasi, serta fasilitas/ infrastruktur pendukungnya	Wali Kota Surabaya, Bappedalitbang Kota Surabaya, Dinas Perhubungan Kota Surabaya	Peraturan Daerah Kota Pekanbaru No. 2/2024 tentang Penyelenggaraan Angkutan Umum Massal di Kota Pekanbaru	Tinggi
6	Pedoman umum penggunaan model kontrak selain BTS/GCC untuk operasional transportasi publik perkotaan, khususnya untuk model kontrak MC dan PBC	✓		Kementerian Perhubungan dapat memberikan pedoman umum terkait implementasi model kontrak selain BTS/GCC, misalnya melalui Permenhub (untuk pedoman umum) dan Keputusan Dirjen Perhubungan Darat (untuk pedoman teknis yang lebih khusus), yang dapat digunakan oleh pemerintah daerah	Kementerian Perhubungan	Peraturan Menteri Perhubungan No. 9/2020 (diubah oleh Permenhub 2/2022) tentang Pemberian Subsidi Angkutan Penumpang Umum Perkotaan	Sedang
7	Ketentuan pelaksanaan implementasi model kontrak MC dan PBC yang lebih detail di tingkat daerah, misalnya terkait pedoman pemilihan operator, proses tender, manajemen aset, dan struktur pembayaran	✓	✓	Ketentuan pelaksanaan dapat mempedomani pedoman umum yang perlu disusun oleh Kementerian Perhubungan, misalnya melalui Keputusan Dirjen Perhubungan Darat. Dalam hal Kementerian Perhubungan belum menyusun pedoman namun pemerintah daerah hendak menggunakan model kontrak selain BTS/GCC, pemerintah daerah dapat menyusun ketentuan pelaksanaan lebih	Direktorat Jenderal Perhubungan Darat/ Wali Kota Surabaya	Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 96/2018 tentang Integrasi Angkutan Pengumpan ke dalam Sistem Bus Rapid Transit, sebagaimana diubah pada Pergub No. 74/2021	Sedang

No	Kebutuhan Dukungan Regulasi	Tingkat Regulasi		Indikatif Bentuk Regulasi	Indikatif <i>Champion</i> Regulasi	<i>Benchmark</i> Regulasi	Urgensi
		Pusat	Daerah				
				lanjut di tingkat daerah, misalnya melalui Peraturan Wali Kota, yang menetapkan skema kontrak penyelenggaraan transportasi publik			
8	Perpanjangan durasi kontrak (saat ini umumnya maksimum 5 tahun, kecuali diatur dalam peraturan khusus) untuk operasional transportasi publik		✓	Peraturan Wali Kota, yang menetapkan skema kontrak penyelenggaraan transportasi publik (termasuk durasinya), dapat diakomodir dalam satu kerangka regulasi yang sama dengan poin (6)			Tinggi
9	Insentif fiskal dari pemerintah pusat untuk menekan tingginya kebutuhan investasi bus listrik, utamanya di fase awal implementasi bus listrik	✓		Peraturan di tingkat Kementerian teknis, dalam hal ini Kementerian Perindustrian dan Kementerian Keuangan	Kementerian Perindustrian dan Kementerian Keuangan	Peraturan Menteri Perhubungan No. 6/2023 tentang Pedoman Pemberian Bantuan Pemerintah untuk Pembelian KBLBB Roda Dua	Sedang
10	Panduan pemilihan teknologi bus listrik dan fasilitas pengisian daya untuk armada transportasi publik perkotaan	✓		Pedoman teknis oleh Kementerian Perhubungan, misalnya melalui Keputusan Dirjen Perhubungan Darat	Direktorat Jenderal Perhubungan Darat		Rendah
11	Spesifikasi teknis bus listrik yang digunakan untuk armada transportasi publik perkotaan, termasuk pertimbangan aspek inklusivitasnya		✓	Surat Keputusan Kepala Dinas Perhubungan terkait spesifikasi teknis bus listrik dan fasilitas pengisian daya yang dapat digunakan untuk armada transportasi publik perkotaan	Dinas Perhubungan		Sedang
12	Panduan penentuan strategi pengisian daya untuk penyelenggaraan transportasi publik perkotaan dengan bus listrik	✓		Pedoman teknis oleh Kementerian Perhubungan, misalnya melalui Keputusan Dirjen Perhubungan Darat	Direktorat Jenderal Perhubungan Darat	Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 2/2024 tentang SPM Layanan Transjakarta	Rendah

No	Kebutuhan Dukungan Regulasi	Tingkat Regulasi		Indikatif Bentuk Regulasi	Indikatif <i>Champion</i> Regulasi	<i>Benchmark</i> Regulasi	Urgensi
		Pusat	Daerah				
13	Daftar rute transportasi publik Kota Surabaya, termasuk jumlah armada yang dibutuhkan		✓	Rencana Umum Jaringan Trayek atau Rencana Induk Transportasi Kota Surabaya	Wali Kota Surabaya, Dinas Perhubungan		Sedang
14	Komitmen penurunan Gas Rumah Kaca (GRK) dan polusi udara dari subsektor transportasi darat di Kota Surabaya, sehubungan dengan elektrifikasi transportasi publik		✓	Rencana Aksi Daerah Penurunan Gas Rumah Kaca, Rencana Pembangunan Rendah Karbon Daerah, maupun Strategi Pengendalian Pencemaran Udara, melalui Peraturan atau Keputusan Wali Kota Surabaya	Wali Kota Surabaya, Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru	Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 90/2021 tentang Rencana Pembangunan Rendah Karbon Daerah Provinsi DKI Jakarta; Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 576/2023 tentang Strategi Pengendalian Pencemaran Udara (SPPU)	Rendah
15	Panduan penentuan <i>tier</i> tarif listrik, termasuk kaitannya dengan ketentuan mendapatkan tarif listrik curah untuk transportasi publik	✓		Pedoman teknis oleh Kementerian Perhubungan, misalnya melalui Keputusan Dirjen Perhubungan Darat, bekerja sama dengan Kementerian ESDM	Direktorat Jenderal Perhubungan Darat		Sedang
16	Penentuan batas usia armada transportasi publik konvensional, sebagai upaya <i>phasing-out</i> dan transisi menuju armada berbasis listrik		✓	SPM Kementerian Perhubungan telah mengatur batas maksimal usia pakai armada transportasi publik perkotaan, yaitu selama 20 tahun. Dalam hal perlu dilakukan percepatan <i>phasing-out</i> armada konvensional, dengan tetap mempertimbangkan ketersediaan armada transportasi publik di Kota Surabaya, maka, pemerintah daerah Kota Surabaya dapat menetapkan usia pakai yang lebih singkat.	Wali Kota Surabaya, Dinas Perhubungan	Peraturan Gubernur DKI No. 74/2021, Peraturan Wali Kota Surakarta No. 8A/2017	Rendah

Lampiran 2. Formulir Pemantauan dan Evaluasi

E-bus operational data collection													
Bus route:		Bus type:		Start location:		End location:							
Bus plate No.:				Depot location:									
Date:													
Weather and temperature:													
Note: Charging event includes midday charge events and overnight charge events													
Trip	Origin (station name)	Destination (station name)	Trip start			Trip end			Charging event				
			Time (e.g. 9.30 AM)	Mileage (in km)	SOC (in %)	Time (e.g. 9.35 AM)	Mileage (in km)	SOC (in %)	Start time (e.g. 12.00 PM)	Start SOC (in %)	End time (e.g. 14.00 PM)	End SOC (in %)	Electricity charged (in kWh)
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													

Gambar 49. Contoh Form Pendataan Operasional Bus Listrik

Failure event							
No.	Bus plate No.	Route No.	Date	Start time (e.g. 9.30 AM)	Duration (in hours)	Description of the failure	Action time (in hours)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Gambar 50. Contoh Formulir Pengumpulan Data Peristiwa Gangguan pada Bus Listrik

Failure event								
No.	Depot name	Charging infrastructure No.	Date	Start time (e.g. 9.30 AM)	Duration (in hours)	Weather condition	Description of the failure	Action time (in hours)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Gambar 51. Contoh Formulir Pengumpulan Data Peristiwa Gangguan pada Infrastruktur Pengisian Daya

e-Bus Passengers Satisfaction Survey		
GENERAL INFORMATION	Form Number	
	Surveyor Name	
	Days and Date	
	Route	
RESPONDENT PROFILE	What is the age of the respondent?	
	Respondent Gender Identity?	☐ Male ☐ Female
	Does the respondent have any disability?	☐ Yes, ☐ No
Filling Instruction: Provide your level of satisfaction with the performance of the e-bus		
PASSENGERS SATISFACTION DATA	On-bus environment (cleanliness, AC temperature, tapping device, stop button, ramp, USB Charging)	☐ Very Satisfied
		☐ Satisfied
		☐ OK
		☐ Dissatisfied
		☐ Very Dissatisfied
	Bus Noise Level:	☐ Very Satisfied
		☐ Satisfied
		☐ OK
		☐ Dissatisfied
		☐ Very Dissatisfied
	Comfortability (Smoothness and free of jolting):	☐ Very Satisfied
		☐ Satisfied
		☐ OK
		☐ Dissatisfied
		☐ Very Dissatisfied
	Overall satisfaction with your journey	☐ Very Satisfied
		☐ Satisfied
		☐ OK
		☐ Dissatisfied
		☐ Very Dissatisfied
In which area you think we can further improve?		

Gambar 52. Formulir Survei Kepuasan Penumpang

Section 3

What expected change in **People** at Transjakarta due to e-bus deployment?

What expected change in **Process** at Transjakarta due to e-bus deployment?

What expected change in **System** at Transjakarta due to e-bus deployment?

Section 4

What are your suggestions for overall improvement of e-bus adoption at Transjakarta coming from below stakeholders?

For OEM (Cost, Performance, Safety, Timely Delivery, Postsale sSupport, Operating Range, Operational Reliability)	
For Private Operator (Fleet/ Depot Mgmt., Contracting, Services, Integration)	
For Transjakarta Departments (Planning, Operations, Repairs & Maintenance, Operational Reliability, Safety & Emergency Handling, ITS/ MIS, Procurement/ Contract)	
Government (including City Authority, Discom, etc.)(Policy & Guidelines, MCA changes, Fund Allocation, Timely Disbursement)	

Gambar 53. Formulir Survei Penilaian Kebutuhan Pelatihan

