



Toolkit Perencanaan Bus Listrik

Mei 2023





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 selama hampir dua dekade telah memberikan bantuan teknis kepada pemerintah daerah di Indonesia seperti Jakarta, Semarang dan Medan dalam mendukung pengembangan transportasi berkelanjutan melalui transportasi publik massal, fasilitas pejalan kaki, manajemen parkir dan kawasan berbasis transit (TOD).



Toolkit Perencanaan Bus Listrik

Mei 2023

Dipublikasikan oleh:

Institute for Transportation and Development Policy (ITDP)

Disusun oleh:

Rifqi Khoirul Anam
Alfisahr Ferdian

Konsultan Teknis Studi UK PACT untuk Elektrifikasi Transjakarta:

Shanshan Li
Sutanu Pati
Sharada Gollapudi
Chandra Sugarda
Idoan Marciano
Sarah Darmawan
Fifiek Mulyana
Karl Bunn
Jannata Giwangkara

Editor:

Faela Sufa
Gonggomtua Sitanggang
Deliani Poetriayu Siregar
Vinensia Nanlohy

Desain Editorial:

Almira Ramadanti
Sherin Meutia

Dipublikasikan pada:

Mei 2023

Kontak:

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

Rifqi Khoirul Anam - Transport Associate
rifqi.khoirul@itdp.org

ITDP Indonesia
Jalan Johar No. 20, lantai 5,
Menteng, Jakarta 10340

Daftar Singkat

| | |
|-----------------------|---|
| AC | <i>Alternate Current</i> (Arus listrik bolak-balik) |
| APBD | Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah |
| AVAS | <i>Acoustic Vehicle Alerting System</i> |
| BAU | <i>Business as Usual</i> |
| BBG | Bahan Bakar Gas |
| BEB | <i>Battery Electric Bus</i> (Bus listrik berbasis baterai) |
| BMS | <i>Battery Management System</i> (Sistem manajemen baterai) |
| BLU | Badan Layanan Umum |
| BRT | <i>Bus Rapid Transit</i> |
| BTS | <i>Buy The Service</i> |
| BUMD | Badan Usaha Milik Daerah/Negara |
| BUMN | Badan Usaha Milik Negara |
| CAPEX | <i>Capital Expenditure</i> (Belanja modal) |
| CBA | <i>Cost Benefit Analysis</i> (Analisis biaya-manfaat) |
| CBD | <i>Central Business District</i> |
| CBR | <i>Cost Benefit Ratio</i> |
| CCS | <i>Combined Charging System</i> |
| CCTV | <i>Closed Circuit Television</i> |
| cm | centimetre |
| CNG | <i>Compressed Natural Gas</i> |
| CSP | <i>Charging Service Provider</i> (Penyedia layanan pengisian daya) |
| CSR | <i>Corporate Social Responsibility</i> (Tanggung jawab sosial perusahaan) |
| DC | <i>Direct Current</i> (Arus listrik searah) |
| DFI | <i>Development Financial Institution</i> |
| DKI | Daerah Khusus Ibukota |
| ECA | <i>Export Credit Agency</i> (Badan kredit ekspor) |
| EV | <i>Electric Vehicle</i> (Kendaraan listrik) |
| EVSE | <i>Electric Vehicle Supply Equipment</i> |
| FAME | <i>Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid &) Electric Vehicles in India</i> |
| GB/T | <i>Guobiao Standardization Commission</i> |
| GCA | <i>Government Contracting Agency</i> |
| GCC | <i>Gross Cost Contract</i> (Kontrak pembelian layanan) |
| GESI | <i>Gender Equality and Social Inclusion</i> |
| GGL | <i>Government Guarantee Letter</i> (Surat jaminan pemerintah) |
| GIA | <i>Gender Impact Assessment</i> |
| GL | <i>Guarantee Letter</i> |
| GRK | Gas Rumah Kaca |
| GVW | <i>Gross Vehicle Weight</i> (Jumlah berat bruto) |
| GW | gigawatt |
| hr | <i>Hour</i> |
| ICE | <i>Internal Combustion Engine</i> (Mesin pembakaran dalam) |
| ICEV | <i>Internal Combustion Engine Vehicle</i> (Kendaraan dengan mesin pembakaran dalam) |
| IPT | <i>Intermediate Public Transport</i> (Paratransit) |
| ITDP | <i>Institute for Transportation and Development Policy</i> |
| ITS | <i>Intelligent Transport System</i> |
| 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 | <i>Life Cycle Cost</i> (Biaya siklus hidup) |
| LEZ | <i>Low Emission Zone</i> (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 | <i>Mass Transit</i> |
| MoU | <i>Memorandum of Understanding</i> |
| MVMDP | <i>Medium Voltage Main Distribution Panel</i> |
| MW | megawatt |
| NCA | <i>Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide</i> |
| NMC | <i>Nickel Manganese Cobalt Oxide</i> |
| NPC | <i>Net Present Cost</i> |
| O&M | <i>Operation and Maintenance</i> (Operasi dan pemeliharaan) |
| OEM | <i>Original Equipment Manufacturer</i> (Produsen peralatan asli bus listrik) |
| OJK | Otoritas Jasa Keuangan |
| OPEX | Operational Expenditure (Biaya operasional) |
| PAYS | <i>Pay-As-You-Save</i> |
| PDU | <i>Power Distribution Unit</i> |
| 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 | <i>Public Service Obligation</i> |
| PT | Perseroan Terbatas |
| PTA | <i>Public Transport Authority</i> (Otoritas transportasi publik) |
| PTO | <i>Public Transport Operator</i> (Operator transportasi publik) |
| PV | <i>Photovoltaic</i> (Fotovoltaik) |
| Raperda | Rancangan Peraturan Daerah |
| REC | <i>Renewable Energy Credit/Renewable Energy Certificate</i> |
| RDPT | Reksa Dana Penyertaan Terbatas |
| RDTR | Rencana Detail Tata Ruang |
| RJPP | Rencana Jangka Panjang Perusahaan |
| ROI | <i>Return on Investment</i> (Pengembalian investasi) |
| RUEN | Rencana Umum Energi Nasional |
| RUU | Rancangan Undang-Undang |
| SLA | <i>Service Level Agreement</i> |
| SNI | Standar Nasional Indonesia |
| SPKLU | Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum |
| SPM | Standar Pelayanan Minimal |
| SoC | <i>State of Charge</i> |
| SoF | <i>State of Function</i> |
| SoH | <i>State of Health</i> |
| TCO | <i>Total Cost of Ownership</i> (Total biaya kepemilikan) |
| UC | University of California |
| UK PACT | <i>United Kingdom Partnering for Accelerated Climate Transitions</i> |
| UNEP | <i>United Nations Environment Programme</i> |
| UPT | Unit Pelaksana Teknis |
| VGf | <i>Viability Gap Fund</i> |
| W | watt |
| WtW | <i>Wheel to Wheel</i> |
| ZEZ | <i>Zero Emission Zone</i> (Zona Tanpa Emisi) |



DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| Daftar Singkatan | 4 |
| Daftar Isi | 6 |
| Daftar Gambar | 8 |
| Daftar Tabel | 9 |
| PENDAHULUAN | 10 |
| Bagaimana cara membaca toolkit ini?..... | 11 |
| Publikasi ITDP terkait Elektrifikasi Bus..... | 12 |
| GEN BAB 1 MENGAPA BUS LISTRIK? | 13 |
| GEN BAB 2 SEBELUM ELEKTRIFIKASI | 17 |
| 2.1 Prinsip Kesiapan Elektrifikasi..... | 17 |
| 2.2 Kerangka Kerja untuk Menciptakan Ekosistem Transportasi Publik Berbasis Listrik Berkelanjutan..... | 18 |
| NAS LK-KEP KEU BAB 3 MODEL ARMADA DAN TEKNOLOGI INFRASTRUKTUR PENGISIAN DAYA | 20 |
| 3.1 Gambaran Umum Mengenai Pasar Bus Listrik dan Spesifikasinya..... | 21 |
| 3.2 Bahan Kimia Baterai..... | 25 |
| 3.3 Pengisian Daya Bus Listrik..... | 26 |
| 3.4 Jenis Pengisian Daya..... | 27 |
| GEN BAB 4 MERENCANAKAN ELEKTRIFIKASI | 29 |
| 4.1 Aspek Perencanaan Bus Listrik..... | 30 |
| 4.2 Peran dan Tanggung Jawab Pemangku Kepentingan dalam Proses Perencanaan Bus Listrik..... | 35 |
| LK-TEK OTO BAB 5 OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN BUS LISTRIK | 37 |
| 5.1 Perbedaan Operasional Utama antara Bus Listrik dan Bus Diesel..... | 37 |
| 5.2 Bagan Alur Operasional..... | 40 |
| 5.3 Perawatan Bus Listrik..... | 44 |
| 5.4 Perawatan Fasilitas Pengisian Daya..... | 44 |



| | | | |
|--|--------|--|------------|
| LK-TEK | OTO | BAB 6 DAMPAK JARINGAN LISTRIK DAN IMPLEMENTASI ENERGI TERBARUKAN UNTUK BUS LISTRIK | 46 |
| | | 6.1 Dampak Penetrasi Bus Listrik terhadap Permintaan dan Pasokan Jaringan Listrik Lokal..... | 46 |
| | | 6.2 Dampak Infrastruktur Kelistrikan Tambahan yang Diperlukan untuk Mendukung Pengisian Daya | 47 |
| | | 6.3 Integrasi Energi Terbarukan untuk Elektrifikasi Transportas Publik..... | 48 |
| | | 6.4 Studi Kasus Mikrobus Transjakarta (Studi UK PACT EUM 124) untuk Integrasi Energi Terbarukan | 49 |
| LK-TEK | OTO | BAB 7 RISIKO PADA ELEKTRIFIKASI BUS | 53 |
| NAS | LK-KEP | KEU | |
| BAB 8 MODEL BISNIS, SKEMA PENDANAAN DAN PEMBIAYAAN, ANALISIS FINANSIAL, DAN PENGEMBANGAN BUSINESS CASE UNTUK IMPLEMENTASI BUS LISTRIK | | | 57 |
| | | 8.1 Kebijakan Kontrak dan Strategi Pembiayaan Saat Ini..... | 57 |
| | | 8.2 Pertimbangan Utama dalam Pemilihan Model Bisnis dan Skema Keuangan..... | 58 |
| | | 8.3 Opsi Kontrak dan Pembiayaan untuk Bus Listrik..... | 60 |
| NAS | LK-KEP | | |
| BAB 9 KERANGKA KEBIJAKAN DAN KELEMBAGAAN UNTUK PENERAPAN BUS LISTRIK | | | 76 |
| NAS | LK-KEP | OTO | |
| BAB 10 ASPEK INKLUSIVITAS YANG PERLU DIPERTIMBANGKAN UNTUK ELEKTRIFIKASI | | | 79 |
| | | 10.1 Mengapa Perspektif GESI (Kesetaraan Gender dan Inklusi Sosial) Penting untuk Masalah Transportasi Publik..... | 79 |
| | | 10.2 Permasalahan GESI pada Bus Listrik..... | 79 |
| | | 10.3 Pengembangan Bus Listrik yang Responsif Gender dan Inklusif..... | 80 |
| | | 10.4 Gender Impact Assessment (GIA)..... | 84 |
| | | 10.5 Daftar Periksa GESI | 85 |
| NAS | LK-GEN | BAB 11 OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN BUS LISTRIK | 90 |
| | | 11.1 Studi Kasus: Uji Coba dan Pilot Bus Listrik Transjakarta..... | 90 |
| | | 11.2 Pelajaran yang Dipetik dari Kota-kota Global..... | 100 |
| LAMPIRAN 1. REKOMENDASI KEBIJAKAN DI TINGKAT NASIONAL DAN DAERAH | | | 102 |
| | | Rekomendasi Kebijakan untuk Pemerintah Daerah | 102 |
| LAMPIRAN 2. FORMULIR PEMANTAUAN DAN EVALUASI | | | 107 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 1. Pengisian daya <i>plug-in</i> | 26 |
| Gambar 2. <i>Inverted pantograph</i> | 26 |
| Gambar 3. Pantograf <i>bottom-up</i> | 26 |
| Gambar 4. Pengisian daya nirkabel | 26 |
| Gambar 5. Estimasi pengurangan jarak tempuh bus listrik setelah faktor pengurang jarak dimasukkan | 38 |
| Gambar 6. Kapasitas penumpang bus 12m berbanding dengan GVW sebagai fungsi dari berat baterai | 39 |
| Gambar 7. Kegiatan pemeliharaan utama untuk bus listrik | 44 |
| Gambar 8. Grafik rata-rata pasokan listrik dan rata-rata permintaan listrik | 49 |
| Gambar 9. Perbandingan <i>grid-only</i> dan jaringan listrik dengan pengisian solar PV menggunakan tiga tipe tarif yang berbeda | 50 |
| Gambar 10. Pengurangan emisi untuk setiap kelompok pengisian | 50 |
| Gambar 11. Besaran pengurangan emisi setelah penerapan solar PV untuk pengisian bus listrik di lokasi representatif | 51 |
| Gambar 12. Peta historikal banjir Jakarta, 2010-2020, <i>overlay</i> dengan lokasi depo eksisting dan koridor Transjakarta | 54 |
| Gambar 13. Model bisnis PAYS™. Diadopsi dari <i>Climate Policy Initiative</i> , 2018 | 61 |
| Gambar 14. Model bisnis Metbus di Kota Santiago, Chili saat ini | 62 |
| Gambar 15. Bus besar listrik atau sedang milik operator dan dibebankan di terminal atau fasilitas pengisian daya lainnya | 63 |
| Gambar 16. Bus besar listrik atau bus sedang listrik milik Transjakarta dan dikenakan biaya di terminal atau fasilitas pengisian daya | 64 |
| Gambar 17. Bus besar listrik atau sedang milik perusahaan <i>leasing</i> dan dibebankan di terminal | 65 |
| Gambar 18. Model bisnis bus kecil listrik | 66 |
| Gambar 19. <i>Service payment O&M-Unbundled (split model)</i> dengan BUMD untuk BRT listrik Medan Raya dan Bandung Raya | 67 |
| Gambar 20. Skema B-2: Sektor swasta menerbitkan produk pembiayaan untuk membiayai proyek | 70 |
| Gambar 21. <i>Scheme B-2, alternative 1 structured financing</i> | 70 |
| Gambar 22. <i>Scheme B-2, alternative 1 structured blended financing</i> | 72 |
| Gambar 23. 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 | 80 |
| Gambar 24. Target elektrifikasi Transjakarta | 90 |
| Gambar 25. Higer KLQ6125GEC-101, dioperasikan pada bulan September sampai dengan Desember 2021 untuk tahap uji coba | 91 |
| Gambar 26. Uji coba Bus BYD C6 Transjakarta, 2020 | 92 |
| Gambar 27. Bus BYD K9 yang digunakan Transjakarta pada fase pilot | 92 |
| Gambar 28. Pengisi daya <i>double gun</i> bertipe <i>plug-in</i> , dengan kapasitas 200 KW CCS2 oleh Proteksindo | 93 |
| Gambar 29. Jalur Transjakarta: EV1 untuk mendemonstrasikan bus listrik kepada warga Jakarta. Sumber: twitter.com/PT_Transjakarta | 93 |
| Gambar 30. Peta rute bus listrik Transjakarta | 94 |
| Gambar 31. Fasilitas pengisian daya Transjakarta yang berada di depo milik operator | 95 |
| Gambar 32. Efisiensi energi (kWh/km) semua bus | 99 |
| Gambar 33. Konsumsi energi per km perjalanan (kWh/km) | 99 |
| Gambar 34. Contoh <i>form</i> pendataan operasional bus listrik | 107 |
| Gambar 35. Contoh formulir pengumpulan data peristiwa gangguan pada bus listrik | 107 |
| Gambar 36. Contoh formulir pengumpulan data peristiwa gangguan pada infrastruktur pengisian daya | 107 |
| Gambar 37. Formulir survei kepuasan penumpang | 108 |
| Gambar 38. Formulir survei penilaian kebutuhan pelatihan | 109 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 1. Bagian <i>toolkit</i> bus listrik yang telah diperbarui..... | 10 |
| Tabel 2. Referensi yang digunakan pada Bab 1..... | 16 |
| Tabel 3. Prinsip kesiapan ketenagalistrikan dan potensi kekurangan pada sistem saat ini..... | 17 |
| Tabel 4. Referensi yang digunakan pada Bab 2..... | 19 |
| Tabel 5. Spesifikasi setiap jenis bus diatur Permenhub No. 15 Tahun 2019..... | 21 |
| Tabel 6. Beberapa model bus besar (9-12 m)..... | 22 |
| Tabel 7. Beberapa model bus sedang (6-9 m)..... | 23 |
| Tabel 8. Beberapa model bus kecil (< 6 m)..... | 24 |
| Tabel 9. Spesifikasi teknis dan keamanan termal tiap jenis baterai..... | 25 |
| Tabel 10. Jenis-jenis pengisi daya yang umum digunakan untuk bus listrik..... | 27 |
| Tabel 11. Referensi yang digunakan pada Bab 3..... | 28 |
| Tabel 12. Kisaran baterai untuk beberapa jenis armada..... | 30 |
| Tabel 13. Peran dan tanggung jawab pemangku kepentingan..... | 35 |
| Tabel 14. Referensi yang digunakan pada Bab 4..... | 36 |
| Tabel 15. Referensi yang digunakan pada Bab 5..... | 45 |
| Tabel 16. Referensi yang digunakan pada Bab 6..... | 52 |
| Tabel 17. Referensi yang digunakan pada Bab 7..... | 56 |
| Tabel 18. Alternatif opsi kontrak dan pembiayaan untuk bus listrik..... | 60 |
| Tabel 19. Kelebihan dan kekurangan model <i>Gross Cost Contract</i> | 64 |
| Tabel 20. Keuntungan dan kerugian model keuangan konsesi..... | 65 |
| Tabel 21. Kelebihan dan kekurangan model <i>leasing</i> | 66 |
| Tabel 22. Rangkuman alternatif skema pendanaan..... | 69 |
| Tabel 23. Keuntungan dan tantangan skema pendanaan B-2, alternatif 1..... | 71 |
| Tabel 24. <i>Outline</i> kasus bisnis elektrifikasi transjakarta..... | 74 |
| Tabel 25. Referensi yang digunakan pada Bab 8..... | 75 |
| Tabel 26. Kategori kerangka kebijakan elektrifikasi Transjakarta..... | 76 |
| Tabel 27. Referensi yang digunakan pada Bab 9..... | 78 |
| Tabel 28. Rekomendasi infrastruktur armada bus listrik yang responsif gender dan inklusif..... | 80 |
| Tabel 29. Rekomendasi infrastruktur pendukung bus listrik yang responsif gender dan inklusif..... | 82 |
| Tabel 30. Rekomendasi untuk layanan yang responsif dan inklusif gender..... | 83 |
| Tabel 31. Kebijakan dan program pengarusutamaan GESI dalam bus listrik..... | 85 |
| Tabel 32. Pengarusutamaan GESI dalam armada, prasarana, dan fasilitas bus listrik..... | 88 |
| Tabel 33. Referensi yang digunakan pada Bab 10..... | 89 |
| Tabel 34. Data primer yang diperlukan untuk matriks evaluasi..... | 96 |
| Tabel 35. Kewajiban operator terkait pemantauan dan evaluasi..... | 97 |
| Tabel 36. Nilai rata-rata harian dari performa kendaraan..... | 97 |
| Tabel 37. Rekomendasi kebijakan untuk Pemerintah Indonesia..... | 102 |
| Tabel 38. Rekomendasi kebijakan untuk Pemerintah Daerah..... | 105 |

Pendahuluan

Toolkit 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, *toolkit* ini juga berguna bagi pelaku industri yang terlibat dalam elektrifikasi bus, antara lain otoritas transportasi publik (*Public Transport Authority/PTA*), operator bus, Produsen Peralatan Asli Bus Listrik (*Original Equipment Manufacturers/OEM*), Agen Pemegang Merk (APM) Bus Listrik, lembaga keuangan, serta pihak terkait lainnya.

Dokumen ini mencakup proses elektrifikasi dari awal hingga akhir termasuk pertimbangan di balik elektrifikasi dan hal apa yang harus dilakukan terlebih dahulu sebelum elektrifikasi. Dokumen ini juga bertujuan untuk mendokumentasikan pelajaran yang dapat diambil dari studi *UK Partnering for Accelerated Climate Transitions* (UK PACT) EUM 124 tentang membangun kapasitas, rencana aksi, serta dasar peraturan dan finansial untuk elektrifikasi Transjakarta.

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

Tabel 1. Bagian *toolkit* bus listrik yang telah diperbarui

| Bagian | Catatan |
|--|--|
| 1 Mengapa bus listrik? | Meliputi faktor pendorong elektrifikasi dan urgensi elektrifikasi transportasi publik dari berbagai sudut pandang. |
| 2 Sebelum Elektrifikasi | Mencakup elektrifikasi pada sudut pandang reformasi transportasi publik dan 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, mengidentifikasi peran dan tanggung jawab pemangku kepentingan. |
| 5 Operasional dan Pemeliharaan Bus Listrik | Mendemonstrasikan diagram alur perencanaan operasional yang rinci dan pemeliharaan infrastruktur bus listrik serta pengisian daya. |
| 6 Dampak Jaringan Listrik dan Implementasi Energi Terbarukan untuk Bus Listrik | Menjelaskan dampak implementasi bus listrik pada kebutuhan dan pasokan jaringan listrik lokal, infrastruktur ketenagalistrikan tambahan yang diperlukan untuk mendukung pengisian daya, dan integrasi energi terbarukan. |
| 7 Risiko Teknis pada Elektrifikasi Bus | Memberikan gambaran dan mitigasi risiko teknis bus listrik akibat banjir, panas yang ekstrem, padam listrik, dan kemacetan lalu lintas. |

| Bagian | | Catatan |
|--------|---|--|
| 8 | Model Bisnis, Pendanaan, Skema Pembiayaan, Analisis Finansial, dan <i>Business Case</i> untuk Pengoperasian Bus Listrik | Menyorot kebijakan kontrak dan strategi pembiayaan saat ini di kota-kota di Indonesia, pertimbangan utama pemilihan skema keuangan dan model bisnis, kontrak dan pilihan pembiayaan bus listrik, pendekatan <i>project financing</i> , dan opsi pembiayaan terstruktur, perbedaan total biaya kepemilikan atau <i>Total Cost Ownership</i> (TCO) untuk tiap jenis bus listrik pada kasus Transjakarta. |
| 9 | Kerangka Kebijakan dan Kelembagaan untuk Implementasi Bus Listrik | Menyoroti kerangka kebijakan dan kelembagaan untuk kasus implementasi bus listrik. |
| 10 | Aspek Inklusivitas Pada Elektrifikasi Bus Listrik | Menunjukkan pentingnya aspek <i>Gender Equality and Social Inclusion</i> (GESI) ke dalam perencanaan bus listrik serta GESI <i>checklist</i> . |
| 11 | Pembelajaran Implementasi Bus Listrik Baterai dari Transjakarta dan <i>Global Cities</i> | Memberikan pembelajaran tentang implementasi bus listrik dari Transjakarta dan kota-kota lain di dunia, serta pelajaran yang dipetik dari pengembangan studi bus listrik dari studi UK PACT. |

Bagaimana cara membaca *toolkit* ini?

Setiap bagian dari *toolkit* ini dibagi menjadi beberapa bagian untuk memudahkan pembaca memahami konteks dan urgensi pemangku kepentingan tertentu untuk membaca bab tertentu:

- Label pada tiap bab mengidentifikasi pentingnya bab tersebut spesifik untuk pemangku kepentingan tertentu. Label warna untuk setiap bagian dijelaskan di bawah ini:

| | | | |
|---------|--|-----|------------------------------|
| NAS | Pembuat Kebijakan Nasional | OTO | Otoritas Transportasi Publik |
| LK-KEP | Pembuat Kebijakan Lokal: Pengambil Keputusan | PRO | OEM/APM |
| LK-PENG | Pembuat Kebijakan Lokal: Sektor Pengadaan | OPE | Operator Bus |
| LK-TEK | Pembuat Kebijakan Lokal: Sektor Teknis | KEU | Lembaga Keuangan |
| LK-GEN | Pembuat Kebijakan Lokal: Semua | GEN | Semua |

- Kotak definisi istilah utama - terdapat pada tiap awal bab, memberikan pembaca informasi mengenai istilah-istilah teknis yang akan digunakan pada tiap bab.
- Kotak ringkasan - terdapat kotak ringkasan setelah beberapa paragraf atau subbagian untuk membuat pembaca menyerap informasi penting secara lebih cepat.
- Pertanyaan refleksi - bagian refleksi akan ditambahkan di akhir bagian di beberapa bab untuk membantu pembaca menavigasi kondisi saat ini di kota mereka terkait topik yang dibahas.

Publikasi ITDP terkait Elektrifikasi Bus

ITDP telah menerbitkan beberapa publikasi mengenai elektrifikasi yang dapat memperkaya pemahaman tentang elektrifikasi pada kerangka mobilitas berkelanjutan, pentingnya elektrifikasi, dan perbandingan proses perencanaan bus listrik dari kota global. Pembaca Toolkit Perencanaan Bus Listrik 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 yang 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.

MENGAPA BUS LISTRIK?

1

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 toolkit ini, ICE merujuk pada kendaraan konvensional (non-listrik).

Compact City Scenario adalah skenario penurunan emisi gas rumah kaca 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 derajat Celcius.

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.

Emisi GRK dari sektor transportasi menyumbang 26% dari emisi terkait energi pada tahun 2017, di mana lebih dari 90% berasal dari transportasi jalan.¹. 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, jika dibandingkan dengan semua jenis moda transportasi di Jakarta, bus kota berkontribusi terhadap masing-masing 45,7% dan 21,4% emisi CO₂ dan polusi udara di Jakarta.

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.

¹ Christian, Julius. A Transition Towards Low Carbon Transport in Indonesia: A technological perspective.

² Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) (2021). The Compact City Scenario - Electrified

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/>

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/>

Saat ini, **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 CO₂ 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 22/2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Selain itu, komitmen terkait adopsi kendaraan nol emisi, ditegaskan kembali dalam Peraturan Presiden Nomor 55/2019 tentang Percepatan Program Adopsi Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) untuk Transportasi Jalan.

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 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 untuk 90% transportasi publik di 34 provinsi, pada tahun 2030. 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 DKI Jakarta berkomitmen untuk mengoperasikan lebih dari 10.000 bus listrik di 2020-2030 melalui Transjakarta.

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 diesel yang setara. Bus listrik juga membutuhkan infrastruktur pengisian daya untuk mendukung kebutuhan operasionalnya. Oleh sebab itu, biaya awal elektrifikasi bus listrik 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 masyarakat di setiap kota.

Elektrifikasi sektor transportasi publik masih menemui banyak hambatan dan membutuhkan dukungan dari pemerintah di semua tingkatan.

⁵ Coordinating Ministry of Maritime and Investment Affairs. 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>

Selain itu, **karena karakteristik yang dimiliki oleh sistem bus perkotaan**, seperti memiliki jumlah armada yang besar, pengisian bahan bakar yang relatif terpusat, 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**. 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.

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 2020, terdapat lebih dari 480.000 kendaraan berbasis energi baru di Shenzhen atau mencakup 14% dari total kepemilikan mobil pribadi di kota tersebut⁶.

Elektrifikasi bus dapat menjadi pionir untuk menciptakan *economics of scale* bagi ekosistem elektrifikasi.

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 dan elektrifikasi yang strategis. Skenario tersebut berpotensi menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) dari angkutan penumpang perkotaan sebesar 59 Gt CO₂ eq secara kumulatif, dan mengurangi emisi sektor ini sekitar 50% selama 30 tahun ke depan.

Kebijakan kota terpadu yang diterapkan bersamaan dengan elektrifikasi, adalah satu-satunya jalan untuk itu menjaga pemanasan global dibawah 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. 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.

⁶ SHG (Shenzhen City Government). 2021. Shenzhen ranks first in the country for the number of new energy vehicles [深圳新能源汽车保有量全国第一], Diakses pada: http://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/zfxxgj/zwdt/content/post_9035974.html. February 2022

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

Manfaat Elektrifikasi Bus:

- 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.
- Mengurangi biaya operasional secara signifikan - Beberapa model bus listrik memiliki TCO yang lebih rendah dibanding model bus diesel yang serupa, meningkatkan efisiensi biaya, dan mengurangi besaran PSO dalam jangka waktu menengah hingga panjang.
- Berpotensi menciptakan sistem transportasi publik yang berkeadilan.

Baca lebih lanjut**Tabel 2. Referensi yang digunakan pada Bab 1**

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

SEBELUM ELEKTRIFIKASI

2

2.1 Prinsip Kesiapan Elektrifikasi

Elektrifikasi bus tidak hanya sekedar mengubah bus konvensional menjadi bus listrik. Transisi pada sistem 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 3 berikut:

Tabel 3. Prinsip kesiapan ketenagalistrikan dan potensi kekurangan pada sistem saat ini⁸

| Tahapan | Prinsip | Potensi Isu dari Sistem yang Ada |
|--|--|---|
| Perencanaan | Ketersediaan data: <ul style="list-style-type: none"> 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. Ketersediaan lahan untuk lokasi pengisian daya. | <ul style="list-style-type: none"> Karakteristik operasional yang tidak teratur, menyebabkan data yang ada tidak dapat diandalkan. Kurangnya infrastruktur transportasi publik yang memadai, seperti depo dan terminal. |
| | Mempunyai: <ul style="list-style-type: none"> 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. | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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. | <ul style="list-style-type: none"> Operasional yang tidak teratur menyebabkan tingginya risiko saat menentukan kapasitas baterai yang diperlukan dan SoC selama beroperasi. |
| Pemeliharaan Armada | <ul style="list-style-type: none"> Tersedianya sumber daya manusia yang mampu memelihara sarana. | <ul style="list-style-type: none"> Kurangnya tenaga kerja yang mampu memelihara sarana, mengarah kepada peningkatan biaya. |
| Regulasi Pendukung dan Operation & Maintenance (O&M) | Mempunyai: <ul style="list-style-type: none"> 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. | <ul style="list-style-type: none"> Kapasitas keuangan yang lemah dan <i>bankability</i> untuk pengadaan infrastruktur pendukung yang dibutuhkan. Kurangnya pengetahuan dan kemampuan untuk mengoperasikan dan memelihara infrastruktur pendukung. |

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, ICCT and The World Bank

| Tahapan | Prinsip | Potensi Isu dari Sistem yang Ada |
|---------|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> Ketersediaan lahan untuk membangun infrastruktur pendukung. Kapasitas dan stabilitas jaringan listrik yang memadai. | <ul style="list-style-type: none"> Kurangnya kapasitas dan stabilitas jaringan listrik. |

2.2 Kerangka Kerja untuk Menciptakan Ekosistem Transportasi Publik Berbasis Listrik Berkelanjutan

Menciptakan ekosistem transportasi publik berbasis listrik yang berkelanjutan bergantung pada kesiapan dari sistem transportasi publik yang saat ini sudah beroperasi pada kota tersebut. Akan tetapi, terdapat kerangka kerja yang direkomendasikan untuk membangun ekosistem transportasi publik berbasis listrik berkelanjutan⁹, sebagai berikut:

Membangun Basis

Dinas Perhubungan harus melakukan hal-hal berikut:

- Mengembangkan *master plan* untuk penerapan transportasi publik di tingkat kota maupun provinsi, termasuk peta jalan dan target elektrifikasi.
- Menerbitkan aturan terkait *Service Level Agreement* (SLA) untuk transportasi publik. Aturan terkait SLA yang dibuat haruslah mempertimbangkan potensial penyesuaian yang mungkin terjadi karena proses elektrifikasi.
- Mendirikan *Public Transport Authority* (PTA)/Otoritas Transportasi Publik untuk mengatur operasional keseluruhan sistem transportasi publik, menjamin SLA diimplementasikan dengan tepat, serta mengumpulkan tarif.
- Merencanakan dan menyediakan fasilitas transit yang memadai dan aksesibel.
- Merencanakan serta mengalokasikan dana untuk subsidi transportasi publik, dengan telah mempertimbangkan program elektrifikasi.

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 standar pelayanan minimal (SPM). Bergantung pada model bisnis 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.

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

Otoritas Transportasi Publik dibentuk dengan tujuan sebagai berikut:

- Mengembangkan rencana operasional berbasis kontrak dengan operator.
- Menetapkan model bisnis yang akan digunakan.
- Mengembangkan skema kontraktual antara PTA dan operator, berdasarkan skema model bisnis terpilih.
- Menetapkan sistem pengumpulan tarif.

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, ICCT and The World Bank

- Membentuk sistem *Intelligent Transportation System (ITS)*.
- Mengeksplor dan menginisiasikan pengembangan model bisnis untuk operasional bus listrik dan penyediaan infrastruktur pengisian daya. Mengidentifikasi potensi peran dari masing-masing pemangku kepentingan terkait, seperti, operator bus, OEM, PLN, serta instansi pemerintahan lainnya.

Memperbarui Daftar pada Sistem E-catalogue

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

Kontrak dengan Operator Terpilih

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

Merencanakan Elektrifikasi

PTA harus mengembangkan rencana untuk elektrifikasi, termasuk rencana teknis yang sesuai dengan data operasional dan kebutuhan investasi, serta mengidentifikasi opsi finansial, dan pemutakhiran skema bisnis apabila diperlukan.

Refleksi

- Bagaimana kondisi transportasi publik berbasis jalan di kota Anda saat ini? Moda transportasi apa yang mendominasi? Bagaimana jumlah penumpang yang menggunakan transportasi publik, serta pembagian moda?
- Apakah kota Anda sudah menetapkan tujuan strategis untuk transportasi publik untuk program elektrifikasi? Jika sudah, apa saja tujuannya? Apabila belum, mengapa?
- Dalam skala 1-5, seberapa penting elektrifikasi bagi transportasi publik berbasis jalan di kota Anda?
- Apakah kota atau provinsi Anda sudah menerbitkan regulasi pendukung untuk elektrifikasi transportasi publik berbasis jalan, pengurangan polusi udara dan suara? Jika iya, bagaimana sistem tersebut berjalan? Apabila belum, apakah ada rencana untuk menerbitkan regulasi tersebut?
- Apakah ada dukungan dari pihak pemangku kepentingan eksternal untuk 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

Tabel 4. Referensi yang digunakan pada Bab 2

| Referensi/Tautan | Judul | Penerbit dan Tahun Penerbitan |
|------------------|---|---|
| | 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, ICCT and The World Bank. |
| | Sustainable Transportation Forum 2022 | October 2022. Coordinating Ministry for Maritime and Investment Affairs of the Republic of Indonesia and Ministry of Transportation Republic of Indonesia |

MODEL ARMADA DAN TEKNOLOGI INFRASTRUKTUR PENGISIAN DAYA

3

Kotak 2. Definisi Istilah Utama

kWh (kilowatt per hour) adalah satuan energi listrik.

LFP (Lithium Iron Phosphate) adalah salah satu jenis sel yang paling sering digunakan untuk baterai bus listrik. Baterai LFP hanya digunakan untuk *slow charging* atau pengisian daya lambat.

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 yang paling sering digunakan untuk baterai bus listrik. Baterai LTO biasanya digunakan untuk *opportunity charging* atau pengisian daya di siang hari.

NCA (Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide) adalah jenis sel baterai yang digunakan untuk kendaraan listrik yang dibuat oleh perusahaan Amerika Serikat, Tesla.

BMS adalah *chip* semikonduktor (prosesor) yang berfungsi untuk melindungi sel baterai, mengelola dan memantau aliran daya dan energi, serta menjaga fungsi dari sebuah kemasan baterai.

SoC (State of Charge) yaitu perbandingan energi yang tersisa dengan kapasitas energi maksimum pada baterai. Besaran ini digunakan untuk menyatakan tingkat keterisian sel dalam baterai.

SoF (State of Function) adalah besaran yang digunakan untuk menyatakan seberapa banyak energi yang dapat digunakan dalam sebuah baterai dengan mengamati hubungan antara SoC (*State of Charge*) dan kapasitas total yang tersedia.

SoH (State of Health) adalah besaran kuantitatif yang menyatakan kinerja dari sebuah baterai dibandingkan dengan kapasitas teoritisnya.

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.

CCS (Combined Charging System) merupakan jenis konektor pengisi daya dengan arus DC untuk kendaraan listrik yang dikembangkan dan banyak digunakan di Uni Eropa.

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

GB/T merupakan *Guobiao Standardization Commission* (GB/T) - jenis konektor pengisi daya dengan arus AC untuk kendaraan listrik yang dikembangkan dan banyak digunakan di Cina.

Top-down pantograph merupakan pantograf pengisi daya bus listrik yang terintegrasi dengan sisi infrastruktur dan fungsi kontak pada alat bekerja berdasarkan prinsip *top-down*.

Bottom-up pantograph merupakan pantograf pengisi daya bus listrik di mana perangkat pengisiannya terintegrasi dengan bus dan kontak akan berjalan dengan prinsip *bottom-up*.

3.1 Gambaran Umum Mengenai Pasar Bus Listrik dan Spesifikasinya

Kesuksesan dari pengoperasian bus listrik akan bergantung pada pemahaman para pelaksana terhadap spesifikasi dan kinerja model bus yang tersedia di pasar. Spesifikasi beberapa model representatif yang tersedia baik secara global maupun dari pemasok lokal di Indonesia disajikan pada Tabel 6 sampai dengan Tabel 8 pada bab ini. Walaupun baterai bisa dibeli terpisah dari armada, spesifikasi model yang dijelaskan di bagian ini mengasosiasikan bus dengan kapasitas baterai masing-masing.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 15 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Angkutan Orang Dengan Kendaraan Bermotor Umum Dalam Trayek, ada enam tipologi armada bus itu dapat digunakan untuk transportasi publik di perkotaan, seperti yang dijelaskan pada Tabel 5 di bawah ini. Tipologi ini dibagi berdasarkan dimensinya: berat total atau jumlah berat bruto (JBB) yang diizinkan, panjang, lebar, dan tinggi dan fungsinya untuk melayani jalur trunk atau feeder pada tipe kota. Pemilihan jenis bus akan melihat dimensi yang diperbolehkan dan fungsi yang tercantum dalam peraturan Kemenhub.

Tabel 5. Spesifikasi setiap jenis bus diatur Permenhub No. 15 Tahun 2019

| Tipe | Spesifikasi | | | |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------|------------|--|
| | Jumlah Berat yang Diizinkan | Panjang | Lebar | Tinggi |
| Bus Kecil | 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 | > 12.000-13.500 mm | ≤ 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 rute jalur utama BRT. Bus tingkat (*double-decker bus*) tidak umum digunakan dalam layanan transportasi publik untuk tujuan komersial. Transjakarta menggunakan bus tingkat untuk layanan wisata.

Tabel 6. Beberapa model bus besar (9-12 m)

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

| Jenis Bus | Model Bus Listrik | Keluaran Daya (kW) | Kapasitas Baterai (kWh) | Jarak Tempuh Maks (km)* | Beban Maks (kg) | Kapasitas Penumpang | Pasar** | Ilustrasi Bus |
|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------------------|---|
| Bus Besar 9-12 m | BYD K9 | 300 | 324 | 176.1 | 18000 | 37+D | Cina, Kolombia, Singapura, Indonesia |  ¹⁰ |
| | Zhongtong LCK6125EV | 280 | 350 | 150 | 19500 | 40+D | Cina |  ¹¹ |
| | Tata Urban 9/12 | 186 | 188 | 160 | 19500 | 40+D | India |  ¹² |
| | Yutong | 200 | 374 | 320 | 19500 | 35+D | Cina, Chili |  ¹³ |

* 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.

¹⁰ BYD Singapore. <https://sg.byd.com/k9/>
¹¹ Zhongtong Buses. <http://www.zhongtongbuses.com/10-1-electric-coach/>
¹² 91trucks. <https://www.91trucks.com/buses/tata/urban-912m>
¹³ Yutong. <https://yutong.com.au/buses-and-coaches/e12-series/>

Tabel 7. Beberapa model bus sedang (6-9 m)

Tabel di bawah menunjukkan model yang tersedia secara rinci di seluruh dunia untuk bus besar, bus sedang, dan bus kecil.

| Tipe Bus | Model Bus Listrik | Keluaran Daya (kW) | 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 | 245 | 124 | 150 | 17800 | 31+D | India |  ¹⁴ |
| | BYD K7 | 180 | 180 | 221 | 13500 | 22+D | Indonesia |  ¹⁵ |
| | Shenzhen BAK LSK6105GEV1 | 165 | 175 | 200 | 17000 | 20+D | India |  ¹⁶ |

* 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.

¹⁴ 91trucks, op. cit. hlm 14.

¹⁵ 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/>

¹⁶ 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 8. Beberapa model bus kecil (≤ 6 m)

Tabel di bawah menunjukkan model yang tersedia secara rinci di seluruh dunia untuk bus besar, bus sedang, dan bus kecil.

| Tipe Bus | Model Bus Listrik | Keluaran Daya (kW) | Kapasitas Baterai (kWh) | Jarak Tempuh Maks (km)* | Beban Maks (kg) | Kapasitas Penumpang | Pasar** | Ilustrasi Bus |
|-----------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--|
| Bus Kecil ≤ 6 m | Vauxhall VIVARO-E Life Combi | 100 | 50 | 229 | 3030 | 9+D | Inggris |  ¹⁷ |
| | GELORA DFSK | 30 | 42 | 300 | 13500 | 11**+D | Cina, Indonesia*** |  ¹⁸ |
| | Foton Toano EV | 100 | 79.92 | 350 | 4250 | 13+D | Cina, Filipina |  ¹⁹ |

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. OEM 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 transisi bus listrik. Oleh karena itu, perubahan GVW untuk bus listrik diperlukan untuk mendukung adopsi tersebut bus listrik pada sistem transportasi publik di Indonesia.

Terdapat enam tipe bus yang dapat digunakan untuk transportasi publik perkotaan di Indonesia. Bus listrik yang akan diimplementasikan perlu memperhatikan kesesuaian dimensi yang diizinkan.

¹⁷ Autoexpress. Vauxhall Vivaro-e review. <https://www.autoexpress.co.uk/depth-reviews/353564/vauxhall-vivaro-e-review>

¹⁸ DFSK. <https://www.dfskmotors.co.id/id/cars/gelora-electric>

¹⁹ Foton Motor Philippines, Inc. <https://www.foton.com.ph/vehicles/passenger-vehicles/toano-15-seater/>

3.2 Bahan Kimia Baterai

Berbagai jenis bahan kimia baterai bus listrik—masing-masing dengan kelebihan dan kerugiannya, 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 9. 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 subtype 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 penyalarsan posisi bus untuk pengisian daya yang ideal.



Gambar 1. Pengisian daya *plug-in*²⁰



Gambar 2. *Inverted pantograph*²¹



Gambar 3. Pantograf *bottom-up*²²



Gambar 4. Pengisian daya nirkabel²³

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

²⁰ 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/>

²¹ 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/>

²² Sustainable Bus. Electric bus range, focus on electricity consumption. A sum-up. <https://www.sustainable-bus.com/news/electric-bus-range-electricity-consumption/>

²³ Electrive. Inductive 200 kW charging system for buses ready. <https://www.electrive.com/2018/04/19/inductive-200-kw-charging-system-for-buses-ready/>

3.4 Jenis 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 10 menunjukkan jenis pengisi daya yang berlaku untuk bus listrik.

Tabel 10. Jenis-jenis pengisi daya yang umum digunakan untuk bus listrik

| Jenis Pengisi Daya | Steker dan Soket | Spesifikasi | AC atau DC |
|--------------------|--|--|------------|
| CCS tipe 1 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Tenaga maksimal 80-350 kW • Sebagian besar digunakan di Amerika Serikat | AC dan DC |
| CCS tipe 2 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Tenaga maksimal 80-350 kW • Sebagian besar digunakan di Eropa | AC dan DC |
| CHadeMo |  | <ul style="list-style-type: none"> • Tenaga maksimal 400 kW • Digunakan di Jepang | AC |
| GB/T |  | <ul style="list-style-type: none"> • Tenaga maksimal 237.5 kW • Digunakan di Cina | AC |

Soket pengisian CCS menggabungkan saluran masuk untuk baik 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.

²⁴ 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>

²⁵ The Driven. Australian electric vehicle plug war is over, Tesla picks a side. <https://thedriven.io/2018/11/19/australian-electric-vehicle-plug-war-is-over-tesla-picks-a-side/>

²⁶ Joosup. What is a CHAdeMO Charger? <https://www.joosup.com/what-is-chademo-charger/>

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 harus mengikuti konektor standar nasional: **AC Type 2, CHadeMO, dan CCS2** dan harus terdaftar agar memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI).

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

Tabel 11. Referensi yang digunakan pada Bab 3

| Referensi/Tautan | Judul | Penerbit dan Tahun Penerbitan |
|---|---|-------------------------------|
| | Report on E-Bus Charging and Operational Plan | ITDP and 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 and UNEP-CTCN, 2021 |
| https://aeed.in/our-publications/charging-indias-bus-transport/ | Charging India's Bus Transport - A Guide for Planning Charging Infrastructure for Intra-city Public Bus Fleet | AEEED and SHAKTI, 2019 |

MERENCANAKAN ELEKTRIFIKASI

4

Kotak 3. Definisi Istilah Utama

GVW (Gross Vehicle Weight) adalah berat maksimum kendaraan yang dinyatakan oleh produsennya, meliputi berat kosong kendaraan, berat pengemudi dan penumpang, berat bahan bakar yang diangkut, berbagai aksesoris dan benda yang melekat pada kendaraan, dan bobot kargo.

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 tahap awal dan akan terus berkembang. Karena itu, kerangka kerja yang akan dibahas pada bab ini dapat membuat peralihan berjalan dengan lancar.

Perencanaan elektrifikasi—dalam hal 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. 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.

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

Perencanaan dalam hal 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. Namun, kerangka perencanaan pada langkah awal adalah sebuah proses iteratif.

4.1 Aspek Perencanaan Bus Listrik

Secara umum, terdapat beberapa aspek yang harus ditentukan atau dipertimbangkan untuk implementasi bus listrik, yaitu:

- Komitmen dan target;
- Rencana operasional dan identifikasi risiko teknis;
- Pemilihan teknologi;
- Perencanaan infrastruktur dan analisis dampak jaringan listrik;
- Pendanaan dan mekanisme finansial;
- Model bisnis dan kerangka kerja kontraktual;
- Biaya siklus hidup (*life cycle cost*, "LCC") dan analisis biaya manfaat (*cost-benefit analysis*, "CBA");
- Pentahapan dan perencanaan implementasi; dan
- *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:

Komitmen dan Target

Langkah ini akan menetapkan target elektrifikasi kota untuk elektrifikasi penuh serta pentahapannya. Menetapkan komitmen merupakan hal yang harus dilakukan untuk mengamankan 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.

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), jenis armada yang akan digunakan (bus besar, bus sedang, bus kecil), 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, jarak harian, kilometer tempuh aktual, waktu berhenti di terminal 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).

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 baterai yang digunakan dengan tujuan perencanaan untuk estimasi jangkauan tempuh baterai adalah sebagai berikut:

Tabel 12. Kisaran baterai untuk beberapa jenis armada

| Bahan Kimia Penyusun Baterai | Energi spesifik (Wh/kg) | Daya spesifik (W/kg) |
|------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Bus Gandeng 18-m | 450 | 1.8 |
| Bus Besar 12-m | 324 | 1.2 |
| Bus Medium 7-m | 135 | 1 |
| Bus Kecil 4-m | 42 | 0.15 |

- 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 dan 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.

Armada

Pemilihan armada harus mempertimbangkan pada beberapa faktor, seperti kesiapan teknologi, ketersediaan pasar, perkiraan *demand*, kapasitas armada dan 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 topologi bus listrik perlu dihindari untuk mengurangi kompleksitas operasi dan pemeliharaan serta efisiensi biaya.

b.

Baterai

Baterai dengan bahan kimia dan kepadatan energi yang bervariasi akan berdampak pada maksimum kapasitas penumpang 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. 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 baterai dan sistem manajemen baterai untuk mempercepat adopsi bus listrik.

Pada sebagian besar kasus, produsen bus listrik menawarkan armada beserta baterainya. Penting juga untuk melihat spesifikasi baterai saat memilih jenis armada karena akan mempengaruhi operasional bus listrik.

c.

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 semalam di depo (*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 alat pengisian daya, *interfaces*, dan produsen, sehingga pemilihan infrastruktur 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 daya ke lokasi pengisian daya, ukuran baterai, dan rentang untuk beroperasi sehari-hari. Perencanaan infrastruktur pendukung pengisian daya yang sistematis adalah kunci dari sistem transportasi bus listrik. 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, parkir, dan pengisian bahan bakar atau pengisian ulang baterai.

Stasiun pengisian biasanya terletak di depo, terminal, 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 menciptakan beban berlebih pada jaringan listrik, oleh karena itu sangat penting untuk mempertimbangkan jaringan transportasi dan 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 armadanya namun operator bus besar dan bus sedang juga perlu memiliki depo sendiri. Depo bus listrik untuk BRT di Bandung Raya dan Medan Raya direncanakan dimiliki oleh pemerintah daerah. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses jika ada pergantian operator BRT.

Perencanaan infrastruktur pengisian daya yang sistematis adalah kunci 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 pengisian daya berdasarkan *c-rating* baterai.

Estimasi Waktu Pengisian Daya

$$\text{Total waktu pengisian daya (hr)} = \frac{\text{Tambahan energi yang dibutuhkan untuk memenuhi kilometer harian (kWh)}}{\text{Daya charger (kW)} \times \text{Efisiensi charger}}$$

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.

Strategi 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 sedang tidak beroperasi menggunakan alat pengisian daya *plug-in* yang lebih lambat dengan jenis arus AC maupun DC. Keluaran pengisian daya dapat berkisar dari 80 kW-200 kW dan tergantung pada ukuran baterai.

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.

Opportunity charging di depo: Secara umum, penjadwalan operasional bus mengikuti pola 40-60% di mana hanya 60% bus yang beroperasi selama jam sibuk. 40% bus yang tidak beroperasi dapat diisi dayanya di luar jam sibuk. Analisis lebih lanjut apakah seluruh armada bus yang beroperasi pada rute tertentu ini dapat melakukan pengisian daya dengan dibagi ke dalam beberapa *batch* berisi 40% jumlah bus selama jam sibuk.

Pengisian cepat di terminal: Ketika penjadwalan operasional bus tidak dapat mengakomodasi pengisian tengah hari di depo, maka strategi pengisian cepat dengan menggunakan pengisi daya *plug-in* atau pantograf dapat digunakan. Pengisian daya tambahan selama jam operasional dapat dilakukan dalam waktu yang cukup singkat tanpa mengganggu jalannya layanan bus (biasanya menggunakan alat pengisian daya dengan keluaran yang lebih tinggi). Pengisian daya baterai secara penuh dilakukan pada 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 dan ketersediaan lahan serta kapasitas jaringan listrik yang tersedia.

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.

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 biaya operasional akan ditanggung oleh pemerintah daerah.

Mekanisme pembiayaan memiliki keterkaitan yang kuat dengan kerangka kontraktual yang terpilih. Pada kasus Jakarta, dengan skema kontrak saat ini, para operator dari Transjakarta perlu memperoleh 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.

Model Bisnis dan Kerangka Kerja Kontraktual

Biasanya, model bisnis untuk mengoperasikan layanan transportasi berbasis jalan dikategorikan ke dalam dua jenis: kepemilikan kendaraan sendiri dan yang melibatkan armada sewaan melalui perjanjian “buy the service” (BTS).

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

Pemilihan model bisnis harus mempertimbangkan biaya siklus hidup dan efektivitas TCO. Selain itu, pengetahuan dan kapasitas keuangan pemangku kepentingan (misalnya, otoritas transportasi publik, operator, OEM) dan alokasi dan manajemen risiko juga harus dipertimbangkan. Pemilihan model bisnis juga harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku, termasuk izin, lisensi, dan insentif.

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.

Analisis Ekonomi, Keuangan, 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 TCO/km adalah salah satu analisis yang dapat dilakukan untuk menentukan teknologi dan skenario operasional yang paling hemat biaya. Hasil analisis keuangan akan tergantung pada mekanisme pembiayaan, model bisnis, dan kerangka kontraktual yang diterapkan.

Selain itu, analisis *cost-benefit* (CBA) harus dilakukan untuk menemukan manfaat kuantitatif yang dapat dihasilkan dari elektrifikasi, dibandingkan dengan biayanya. Rasio *cost-benefit* (CBR) biasanya menjadi parameter untuk menentukan apakah elektrifikasi dapat dianggap sebagai investasi yang baik atau tidak.

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 itu 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 variasi biaya dalam perbaikan bus listrik.

Praktik pemeliharaan, pengembangan kerangka *monitoring* dan evaluasi terkait performa bus listrik akan menginformasikan setiap penyesuaian yang harus dilakukan pada rencana operasional.

Kesehatan baterai merupakan hal yang kompleks. Perencanaan terkait pengukuran 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

Untuk ekosistem bus listrik berbasis baterai atau *battery electric bus* (BEB) 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 untuk terkait 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 *Lithium-ion* (baterai BEB).

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

Tabel 13. Peran dan tanggung jawab pemangku kepentingan

Memahami peran dan tanggung jawab berbagai pemangku kepentingan pada program elektrifikasi sangat penting untuk keberhasilan adopsi bus listrik. Tabel 13. menunjukkan identifikasi pemangku kepentingan utama dan perannya berdasarkan studi implementasi bus listrik di Jakarta, Bandung Raya, dan Medan Raya.

| 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 listrik. | - | Memilih kota prioritas untuk mengembangkan sistem BRT listrik, memfasilitasi pinjaman dari bank untuk pemerintah provinsi, mengimplementasikan program <i>Buy The Service</i> (BTS) Teman Bus untuk mempercepat implementasi transportasi publik di wilayah metropolitan. |
| Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia | Mengatur fasilitas pengisian daya standar, menetapkan tarif listrik. | - | - |
| Dinas Perhubungan | Menerbitkan perizinan transportasi publik kepada operator. | Menerbitkan izin operasional untuk model dan operator bus listrik, secara teratur memantau dan mengevaluasi kinerja bus listrik Transjakarta, evaluasi subsidi tahunan yang dibutuhkan, dan mengembangkan spesifikasi teknis armada bus listrik. | Menerbitkan izin untuk rute transportasi publik dalam kawasan, mengatur dan mengoperasikan transportasi publik berbasis jalan melalui sistem transportasi Badan Layanan Umum-BLU/Badan Layanan Umum Unit Pelaksana Teknis Dinas-BLU UPTD/Badan Usaha Milik Daerah-BUMD. |
| Otoritas Transportasi Publik (PTA) | 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. | [Belum mempunyai PTA] |

| 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 |
|--|--|---|---|
| Operator Transportasi Publik (PTO) | Mengoperasikan armada dan menyediakan pelayanan 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 transportasi publik |
| Perusahaan Listrik Negara (PLN) | Memastikan kapasitas pasokan listrik untuk infrastruktur pengisian daya. | Berkoordinasi dengan operator untuk memastikan kapasitas pasokan listrik untuk infrastruktur pengisian daya. | - |
| OEMs dan APMs (distributor berwenang) | Menyediakan model yang cocok untuk bus listrik dan menyediakan layanan pemeliharaan. | 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. |
| 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

Tabel 14. Referensi yang digunakan pada Bab 4

| Referensi/Tautan | Judul | Penerbit dan Tahun Penerbitan |
|---|---|-------------------------------|
| | Report on E-Bus Charging and Operational Plan | ITDP and 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 and UNEP-CTCN, 2021 |
| https://aeec.in/our-publications/charging-indias-bus-transport/ | Charging India's Bus Transport - A Guide for Planning Charging Infrastructure for Intra-city Public Bus Fleet | AEEC and SHAKTI, 2019 |

OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN BUS LISTRIK

5

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) merupakan keluaran dan masukan terhadap suatu alat yang digunakan untuk mendistribusi tenaga listrik ke beberapa alat lain yang membutuhkannya.

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 para 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 antar rute, 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 Diesel

Pengisian Daya vs Pengisian Bahan Bakar

Perbedaan utama antara bus diesel dan bus listrik adalah pengisian bahan bakar dan pengisian ulang daya. Bus diesel mengisi bahan bakar diesel atau CNG di pompa bensin, 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.

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.

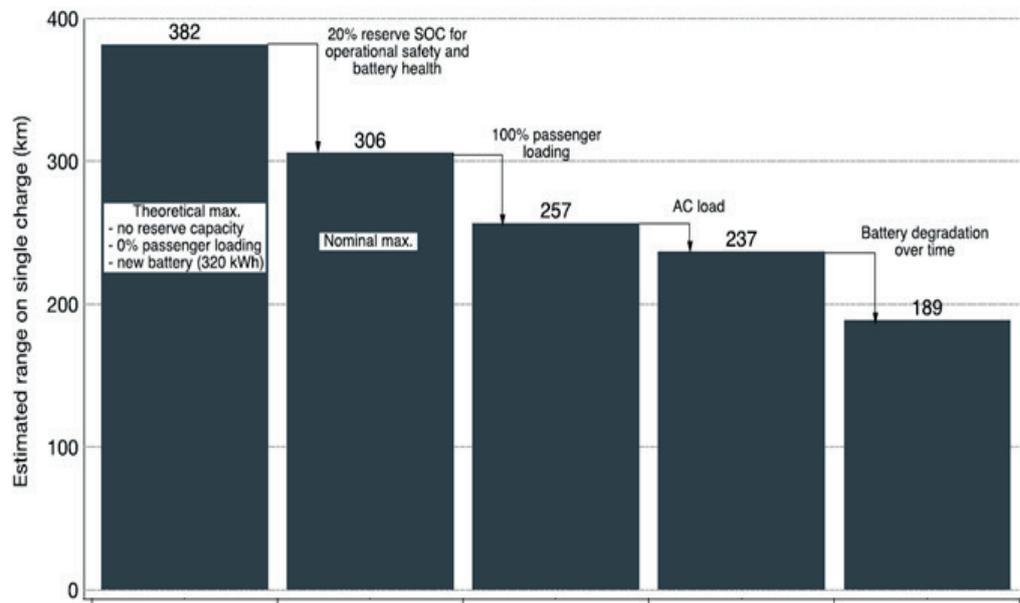
Jarak Tempuh

Bus ICE 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.

Perlu dicatat bahwa kapasitas yang dapat digunakan dari baterai selalu lebih kecil dari kapasitas yang tertera pada spesifikasi baterai. Kapasitas yang dapat digunakan dihitung setelah pengurangan faktor-faktor yang dapat mengurangi jarak tempuh seperti yang telah disebutkan di atas.

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 5. Estimasi pengurangan jarak tempuh bus listrik setelah faktor pengurang jarak dimasukkan. Sumber: Studi ICCT²⁷



Penjadwalan Operasional

Menjadwalkan operasional bus listrik tidak sesederhana menjadwalkan 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 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.

²⁷ 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>

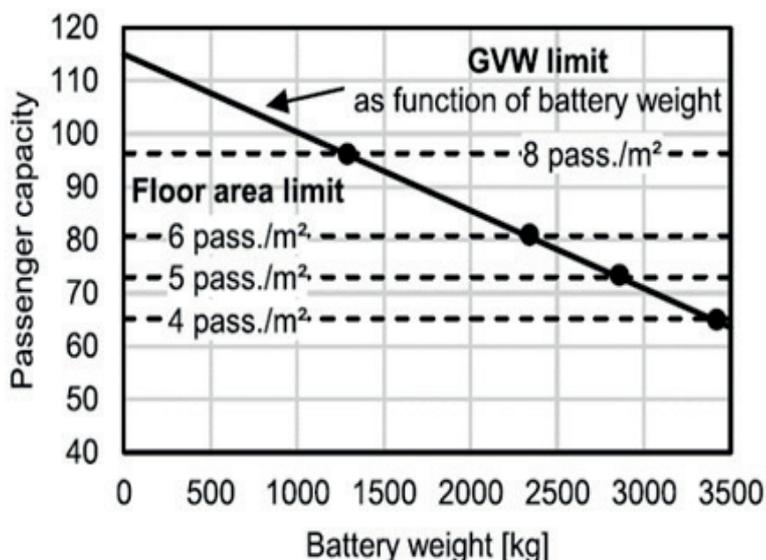
Penurunan Kualitas Baterai

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

Gambar 6. Kapasitas penumpang bus 12m berbanding dengan GVW sebagai fungsi dari berat baterai²⁸



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 umumnya lebih rendah dari model bus diesel yang memiliki setara.

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.

²⁸ Göhlich, D., Fay, T., Jefferies, D., Lauth, E., Kunith, A., & Zhang, X. (2018). Design of urban electric bus systems. Design Science, 4, E15. doi:10.1017/dsj.2018.10

5.2 Bagan Alur Operasional

Untuk merencanakan pengoperasian bus listrik, haruslah memiliki “titik awal” yang jelas tentang bagaimana Anda akan “memulai” elektrifikasi yang dibandingkan dengan kondisi moda transportasi publik saat ini dan operasional di masing-masing kota. Namun, secara umum, langkah-langkah komprehensif dalam pengembangan rencana operasional untuk menjalankan bus listrik dijelaskan di bawah ini, dengan kasus yang berbeda di beberapa kota.

1. Pengumpulan Data dan Mobilisasi

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

Karakteristik Rute - termasuk kilometer harian (km operasional dan km tempuh kosong), jumlah bus tiap trayek, 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 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 berpengaruh pada 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 dan jarak antara depo itu sendiri ke terminal. Sangat direkomendasikan untuk memiliki depo dan lokasi pengisian daya yang dekat dengan koridor BRT.

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

2. Jenis Armada dan Opsi Layanan

Saat merencanakan program elektrifikasi, 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 program bus listrik. Misalnya, jika programnya bertujuan untuk menunjukkan elektrifikasi di awal implementasi, maka pemilihan armada dan layanan harus dirancang untuk menunjukkan manfaat bus listrik kepada masyarakat luas.

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.

Keputusan tentang jenis armada dan layanan 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. 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 langsung/*direct services*, atau pengumpan/*feeder*).

Pemeringkatan rute dapat dikembangkan untuk memilih rute yang paling cocok dielektifikasi 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 dielektifikasi. Beberapa kriteria tersebut adalah:

a. Efektivitas biaya atau TCO/km

Analisis TCO/km per rute dapat dilakukan untuk menentukan efektivitas biaya dari setiap rute. Jika biaya menjadi masalah, semakin rendah TCO/km, semakin tinggi peringkatnya. Namun, jika biaya tidak menjadi masalah, rute yang memiliki 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.

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 depo, sementara rute dengan jarak tempuh harian yang lebih tinggi akan membutuhkan pengisian daya di siang hari (*opportunity charging*), selain pengisian daya semalam di depo. 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:

- Ambang batas *state of charge* (SoC) armada;
- Efek beban penumpang 100% dan penggunaan AC; dan
- 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, dengan mendahulukan hal tersebut dapat menghasilkan manfaat lingkungan yang lebih tinggi yang dihasilkan pada fase awal.

c. Jumlah Penumpang

Rute elektrifikasi dengan penumpang yang lebih tinggi akan meningkatkan keunggulan bus listrik, karena lebih banyak orang yang akan merasakan manfaat langsung dari listrik bus seperti polusi suara yang rendah dan tidak menghasilkan emisi gas buang kendaraan.

Jika data rincian rute 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.

Peringkat rute dapat dibuat untuk memilih rute yang paling sesuai untuk dielektifikasi terlebih dahulu, berdasarkan beberapa kriteria, seperti efektivitas biaya, strategi pengisian daya, jumlah penumpang, dan jumlah armada.

4. Pemilihan Lokasi Pengisian Daya

Kegiatan pengisian daya dapat dilakukan di depo, terminal, fasilitas pengisian tambahan yang dipasang di halte-halte bus. Penting untuk menginventarisasi terminal, terminus, dan titik-titik pengendapan bus pada rute eksisting, untuk mengidentifikasi kepemilikan tanah dan asumsi awal ketersediaan lokasi untuk membangun infrastruktur pengisian daya. Berdasarkan kajian 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. Terminal²⁹
4. Halte BRT
5. Pengendapan non-terminal
6. Pengendapan di jalan raya³⁰

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 dielektifikasi;
- 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.

Kajian 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.

Pengisian bus listrik dapat dilakukan di depo, terminal, 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.

²⁹ 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.

³⁰ Dalam kasus elektrifikasi bus kecil 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.

5. Perencanaan Infrastruktur Pengisian Daya dan Strategi Pengisian Daya

Setelah memilih lokasi pengisian potensial, desain konseptual dapat dikembangkan untuk menganalisis lebih detail ruang yang tersedia untuk kegiatan pengisian daya dan memperkirakan sirkulasi kendaraan pada lokasi pengisian. Biasanya, satu unit bus listrik membutuhkan ruang 33% lebih banyak dibandingkan dengan depo untuk bus diesel dengan model yang sama³¹. 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 kendala waktu. Terlebih lagi, kompleksitas analisis penjadwalan pengisian akan bergantung pada kapasitas baterai dan daya tambahan perlu dipenuhi dari *opportunity charging*.

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 HOMER Grid.

Strategi pengisian daya dapat dinilai di awal dan dengan menganalisis perbandingan antara jangkauan baterai dan perkiraan jarak tempuh harian. Data kapasitas baterai, jangkauan, dan pengisian daya diperlukan untuk melakukan analisis ini. Jika jarak harian lebih dari jangkauan baterai, maka pengisian semalam tidak cukup. Selain itu, 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 UNEP 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 di dalam lokasi pengisian. Pengisian strategi awalnya dinilai dengan menganalisis rentang baterai dan perkiraan jarak tempuh harian.

Analisis Finansial dan Ekonomi

Rencana operasional adalah proses iterasi di mana efektivitas biaya perlu dipertimbangkan melalui analisis keuangan, setelah pemilihan aspek teknis dan rencana operasional. Efektivitas biaya dapat digunakan untuk:

- Memilih model armada, terlepas dari strategi pengisian yang sudah mencapai TCO paritas untuk bus diesel.
- Membandingkan biaya selama usia pakai dari beberapa kombinasi armada dan teknologi pengisian daya.
- 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.

³¹ Going electric: A pathway to zero-emission buses. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). June 2021.

5.3 Perawatan Bus Listrik

Jika dibandingkan dengan bus konvensional, bus listrik memiliki lebih sedikit komponen. Sehingga, bus listrik memiliki biaya operasi yang lebih rendah dan 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 ~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*.

Gambar 7. Kegiatan pemeliharaan utama untuk bus listrik³²

Kegiatan Pemeliharaan Utama untuk Bus Listrik

Penggantian oli untuk bagian transmisi mekanis

● Gearbox

● Differential

Penggantian cairan pendingin *power train* listrik

Pemeriksaan kelistrikan di pos pemeriksaan utama dalam *power train* listrik

● Terminal baterai

● PDU input/output

● Konverter output untuk saluran listrik 12V/24V

● Pemeriksaan kontinuitas dan isolasi listrik untuk seluruh kendaraan untuk memastikan kesehatan semua sambungan listrik dan menghindari *chiss short* atau kebocoran kritis lainnya

Pemeriksaan sinyal di titik pemeriksaan utama yaitu:

● Komunikasi CAN antara semua subsistem

● Sinyal umpan balik dari motor

● Sinyal umpan balik dari sistem manajemen baterai

● Pemeriksaan sinyal antara input sopir (*throttle*) ke unit kontrol kendaraan

Pemeriksaan riwayat kesalahan *power train* pada file log lokal kendaraan:

● Ini adalah implementasi penting di mana penyimpanan lokal pada unit kontrol kendaraan harus menyimpan semua error dan kesalahan *power train* utama dengan riwayat waktu

5.4 Perawatan Fasilitas Pengisian Daya

OEM 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.

Stasiun pengisian di depo: Seringkali memiliki desain modular dan memerlukan perawatan minimal.

Stasiun pengisian cepat: Lebih banyak memerlukan perawatan preventif yang berkelanjutan karena biasanya stasiun pengisian daya cepat memiliki sistem pendingin, filter, dan komponen lainnya.

³² PDU = Power Distribution Unit, CAN = Controller Area Network

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

Baca lebih lanjut

Tabel 15. Referensi yang digunakan pada Bab 5

| Referensi/Tautan | Judul | Penerbit dan Tahun Penerbitan |
|---|--|-------------------------------|
| 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 |

Dampak Jaringan Listrik dan Implementasi Energi Terbarukan untuk Bus Listrik

6

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 Penetrasi Bus Listrik terhadap Permintaan dan Pasokan Jaringan Listrik Lokal

Menurut studi dari McKinsey & Company, perkiraan pertumbuhan elektromobilitas tidak akan mendorong peningkatan langsung atau substansial pada jumlah permintaan daya jaringan listrik. Artinya, kendaraan listrik tidak menyebabkan kejutan atau dampak yang signifikan pada suplai energi listrik. 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 dan 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.

Kendaraan listrik tidak akan menyebabkan kejutan atau dampak yang signifikan pada suplai energi listrik. Namun, akan ada dampak terhadap infrastruktur listrik setempat.

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

6.2 Daftar Infrastruktur Kelistrikan Tambahan yang Diperlukan untuk Mendukung Pengisian Daya

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

Jaringan Tegangan Rendah (2.2~100 kVA)

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 (200~630 kVA) "Jaringan Tegangan Rendah" dan (630~1,250 kVA) "Jaringan Tegangan Menengah"

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) untuk MVMDP untuk fungsi kontrol. Selain itu, survei lapangan biasanya dilakukan oleh PLN UID dan pelanggan untuk menentukan kebutuhan spesifik infrastruktur kelistrikan.

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 infrastruktur kelistrikan itu sendiri.

6.3 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 saat 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 penumpang—mobil dan bus—yang menyumbang 45,1%. 29,4% 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, sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk sepenuhnya beralih ke energi terbarukan. 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.

Di lokasi daerah 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 tentu saja merupakan pilihan alternatifnya. 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 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 solar PV ke dalam pengisian bus listrik. Solar PV juga sangat terukur, yang berarti 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 solar PV 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 pengisian baterainya 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.

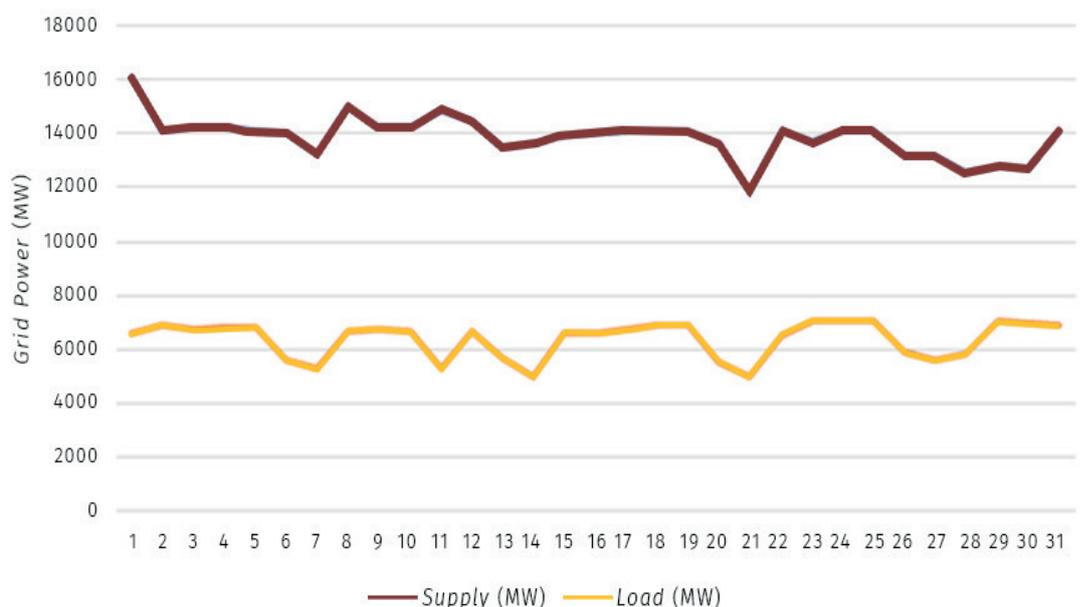
6.4 Studi Kasus Mikrobus Transjakarta (Studi UK PACT EUM 124) untuk Integrasi Energi Terbarukan

Sebagai bagian dari rencana Transjakarta, lebih dari 2.500 bus kecil di seluruh Jakarta 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 solar PV ke armada ini memerlukan analisis yang menyeluruh untuk setiap lokasi stasiun pengisian jika memungkinkan. Pendekatan lain adalah dengan mengelompokkan lokasi pengisian menjadi beberapa tipologi dan melakukan analisis untuk masing-masing tipe. Untuk kasus khusus ini, lokasi 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:

- Solar PV dapat mengakomodasi 5% hingga 55% dari permintaan pengisian per tahun, dengan rata-rata *solar penetration* 20%, tergantung pada potensi solar PV 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 Tanjung Priok menjadi dua potensi terbesar mengingat ketersediaan ruangnya yang juga cukup luas.
- Dalam hal permintaan dan pasokan, total permintaan listrik tahunan dari kedua skenario pengisian adalah 60.009.984,3 kWh/tahun atau sekitar 60 GWh/tahun. Rata-rata kebutuhan daya untuk seluruh armada pengisian bus kecil (*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, tidak akan mengakibatkan kekurangan pasokan listrik.

Gambar 8. Grafik rata-rata pasokan listrik dan rata-rata permintaan listrik

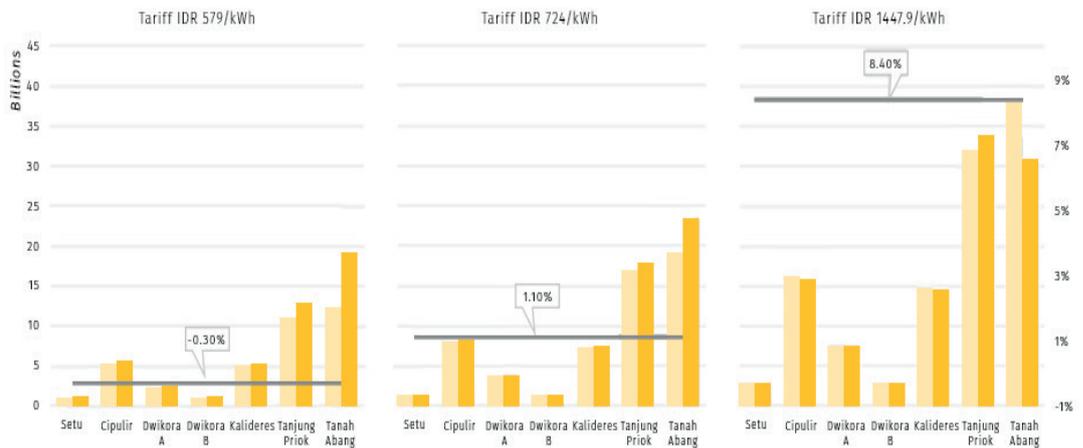


- Terkait kebutuhan daya puncak, data PLN juga menunjukkan pada Februari 2021, puncak kebutuhan Jakarta terjadi pada sore hari sebesar 4.493 MW. Di sisi lain, penambahan kebutuhan daya puncak dari *opportunity charging* bus kecil diperkirakan sekitar 10 MW dari seluruh lokasi *charging*, dan terjadi 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 solar PV pada biaya dan manfaat lingkungan

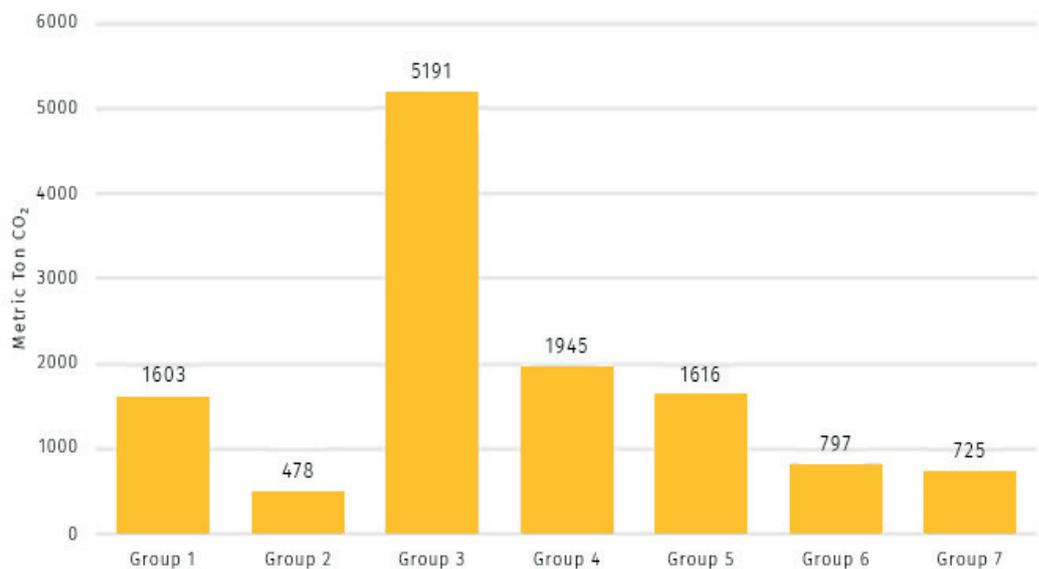
- Pengisian daya dengan jaringan listrik saja (*grid-only*) dan jaringan listrik dengan solar PV dinilai dan dibandingkan dengan menggunakan berbagai tarif listrik yang diberikan oleh PLN. Perbandingan ini akan memberikan gambaran tentang kelayakan finansial dalam mengintegrasikan solar PV ke dalam sistem pengisian di setiap lokasi transit. Tiga tarif yang digunakan berbeda, yaitu tarif minimum (~IDR 579/kWh), sedang (~IDR 724/kWh), dan maksimum (~IDR 1.448/kWh).

Gambar 9. Perbandingan *grid-only* dan jaringan listrik dengan pengisian solar PV menggunakan tiga tipe tarif yang berbeda



- Secara finansial, solar PV adalah pilihan yang lebih baik ketika tarif listrik yang dibebankan adalah yang tertinggi. Terlihat bahwa NPC 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 modal solar PV, yaitu kapasitas solar PV. Selain itu, faktor tarif listrik juga tetap sama. 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 (tren linier). Sistem pengisian terintegrasi solar PV ini memiliki ROI sebesar 8,4%, 1,1%, dan -0,3% dari tarif listrik tertinggi hingga terendah berturut-turut. ROI tertinggi menyiratkan periode pengembalian tercepat 8 tahun.
- Dari sisi dampak lingkungan, elektrifikasi bus kecil memberikan porsi yang signifikan; namun, integrasi solar PV ke sistem pengisian akan semakin mengurangi emisi yang dihasilkan.

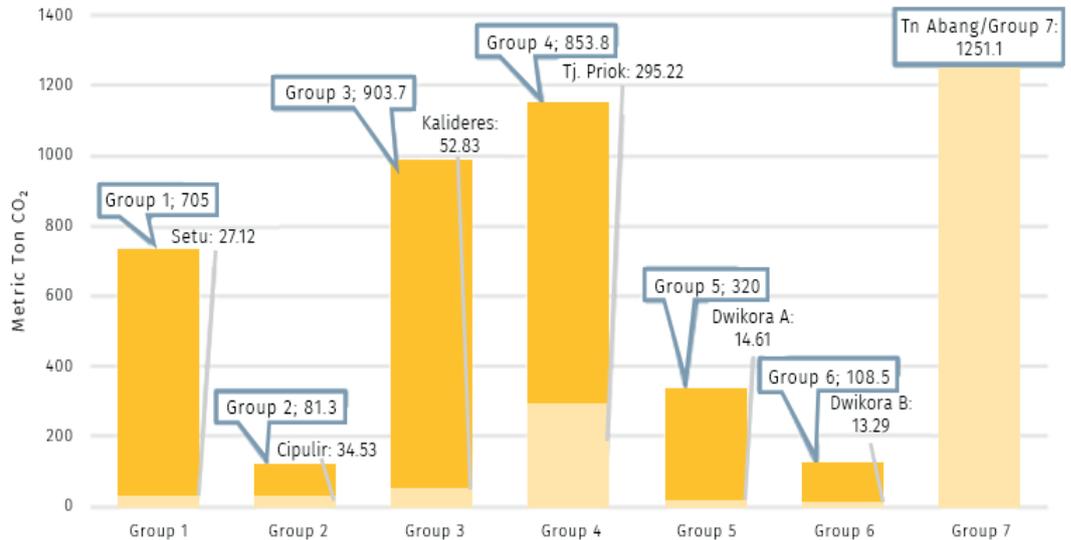
Gambar 10. Pengurangan emisi untuk setiap kelompok pengisian³³



³³ Kelompok pengisian merupakan pengelompokan rute-rute bus kecil Transjakarta berdasarkan beberapa karakteristik, seperti tipologi rute, jenis lokasi pengendapan, dan panjang kilometer tempuh harian.

- Pengurangan emisi yang diperoleh dari elektrifikasi seluruh bus kecil dihitung berdasarkan selisih emisi bus kecil 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 pengendapan di kedua terminusnya) mendominasi pengurangan emisi karena jarak tempuh yang paling jauh. Secara keseluruhan, elektrifikasi bus kecil menghasilkan pengurangan emisi WtW total sebesar 12.354 Ton CO₂/tahun.

Gambar 11. Besaran pengurangan emisi setelah penerapan solar PV untuk pengisian bus listrik di lokasi representatif



- Seperti terlihat dari gambar di atas, implementasi solar PV untuk pengisian bus listrik di lokasi yang representatif dapat mengurangi emisi antara 13 ton CO₂ hingga 1.251 ton CO₂ per tahun. Lokasi pengendapan “Dwikora B” memiliki emisi terendah sebesar 13,52 ton CO₂ per tahun. Terlepas dari kapasitas solar PV yang serupa dengan Dwikora lainnya yang menghasilkan produksi PV impor yang identik pada 16,3 MWh/tahun. Sistem pengisian Dwikora B ini menjual listrik kembali ke jaringan paling sedikit pada 0,6 MWh/tahun. Sedangkan dengan kapasitas PLTS terbesar, Tanah Abang menghasilkan produksi PV dan penjualan grid tertinggi dengan total 1.251 MWh/tahun. Oleh karena itu, lokasi ini menjadi yang teratas dalam pengurangan emisi di antara yang lainnya. Semua kelompok pengisian secara kumulatif memiliki total produksi PV dan penjualan jaringan sebesar 5.361 MWh/tahun.

Penilaian menyeluruh terhadap potensi solar PV, aspek tekno-finansial, dan dampak terhadap lingkungan harus dibandingkan dengan sumber energi (grid only) untuk mengevaluasi manfaat integrasi energi terbarukan.

Pertanyaan Refleksi

- Sudahkah Anda mengidentifikasi ukuran armada yang akan menggunakan armada listrik di kota Anda setiap tahunnya hingga periode tertentu?
- Apakah Anda sudah menentukan lokasi charging untuk armada, baik itu *overnight charging* atau *opportunity charging*?
- 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 solar PV 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

Tabel 16. Referensi yang digunakan pada Bab 6

| Referensi/Tautan | Judul | Penerbit dan Tahun Penerbitan |
|---|---|-------------------------------|
| 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. |
| | Insights Global Energy Perspective march 2018 | McKinsey Energy, 2018 |

RISIKO PADA ELEKTRIFIKASI BUS

7

Kotak 9. Definisi Istilah Utama

Blackout adalah pemadaman listrik total.

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

Stop and Go Traffic merujuk pada fenomena lalu lintas padat yang mengakibatkan adanya fluktuasi kecepatan yang berulang.

Pengoperasian bus listrik seringkali memiliki beberapa risiko. 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**.

1. Banjir

Banjir akan membuat depo dan jalur bus terendam. Hal ini dapat menyebabkan armada, baterai, dan infrastruktur pengisian daya terendam, dan membuat benda-benda tersebut menjadi rusak. Kerusakan yang akan ditimbulkan oleh banjir sangat bergantung pada ketinggian dan intensitas banjir, serta kondisi objek yang terdampak.

Selain itu, 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 historikal 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 bencana tersebut**.

Sebagai contoh, Gambar 12. menggambarkan peta historis banjir Jakarta yang dipetakan dengan depo dan koridor Transjakarta. Semakin gelap warna cokelat, semakin tinggi banjir yang pernah tercatat di daerah tersebut. Area biru menandakan ketinggian banjir yang tidak tercatat.

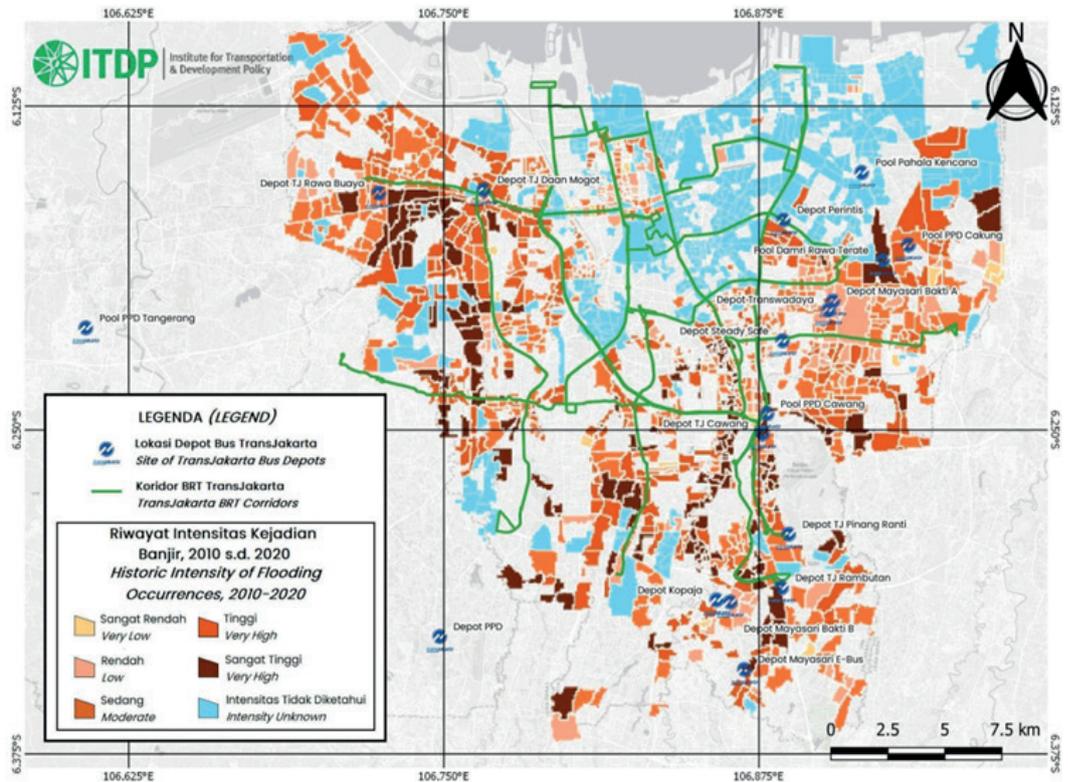
Hampir semua depo Transjakarta (saat ini) rentan terhadap banjir (gambar terlampir pada halaman berikutnya). Banjir tertinggi tercatat di Depo DAMRI di Rawa Terate (180 cm pada tahun 2020). Depo Mayasari, baik di Cijantung maupun Klender, tercatat banjir 30 cm pada 2020. Depo Transjakarta di Cawang banjir pada tahun 2020 setinggi 50-150 cm.

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, Dishub DKI Jakarta bersama Transjakarta telah menetapkan spesifikasi teknis baterai bus listrik 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. Untuk menjaga kompartemen armada dari air, debu, dan benturan, maka akan dibangun berdasarkan spesifikasi nasional dan internasional. Penting juga untuk **melatih teknisi dan pengemudi** saat menangani armada yang tergenang di banjir.

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

Gambar 12. Peta historikal banjir Jakarta, 2010-2020, overlay dengan lokasi depo eksisting dan koridor Transjakarta



2. Panas Ekstrem

Panas yang ekstrem berkaitan erat dengan penurunan kualitas baterai dan peningkatan konsumsi listrik karena penggunaan AC yang lebih intens. Dalam keseharian, hal itu akan menghasilkan pengurangan jarak operasi karena jangkauan baterai berkurang.

Dalam beberapa kasus di mana baterai sangat panas, dapat menyebabkan bus listrik tidak dapat beroperasi dan menyebabkan kerugian untuk investasi pengadaan armada.

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 memasang **peralatan pendingin baterai** yang **memenuhi persyaratan tes** yang berkaitan dengan risiko ini. **Tahap pilot untuk pengadaan 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 tes yang terkait dengan risiko panas ekstrem.

3. Pemadaman Listrik

Pemadaman listrik bisa terjadi ketika listrik, dengan alasan apapun, tidak tersedia. Kejadian ini tidak termasuk dalam risiko pengoperasian bus diesel. Karena bus listrik bergantung pada pasokan listrik, pengoperasian bus listrik rentan terhadap risiko ini.

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 seluruh area atau wilayah, menyebabkan keparahan 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 kecil tertentu. 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 saluran listrik, namun tidak akan mempengaruhi area yang luas.

Untuk menilai risiko yang disebabkan oleh pemadaman listrik, sangat penting untuk memiliki **studi yang komprehensif tentang permintaan listrik tambahan** dari elektrifikasi transportasi publik dan membandingkan permintaan tambahan dengan **kapasitas yang tersedia dan margin cadangan.** 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.

Mengintegrasikan kebutuhan listrik dengan sumber energi terbarukan, seperti solar PV, 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.

4. Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu risiko pengoperasian bus listrik. Risiko SoC baterai terkuras dan tidak cukup karena bus listrik yang terjebak macet pun masih ada. Hal ini akan menyebabkan kurangnya kepercayaan pada keandalan bus listrik. Untuk mengurangi hal ini terjadi, beberapa langkah perlu diambil, seperti:

1. Mengoperasikan bus listrik dengan ambang batas minimal SoC tertentu, sebaiknya 20%-30%.
2. Merencanakan jadwal operasi dengan mempertimbangkan konsumsi energi yang lebih tinggi selama jam sibuk.
3. Memastikan pengisian siang hari (*opportunity charging*) tersedia dalam perjalanan.
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 *en-route of 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 besar bencana itu?
- Apakah wilayah atau kota Anda memiliki data historis ketinggian 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 sering 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

Tabel 17. Referensi yang digunakan pada Bab 6

| 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 |

Model Bisnis, Skema Pendanaan dan Pembiayaan, Analisis Finansial, dan Pengembangan *Business Case* untuk Implementasi Bus Listrik

8

Transportasi publik berbasis listrik merupakan teknologi baru, dan akan terus berkembang, yang memerlukan adaptasi dalam penerapannya di Indonesia, mulai dari pengadaan armada, infrastruktur, hingga operasional. Dari segi strategi pembiayaan dan kontrak, bus listrik juga akan berbeda dengan bus konvensional. Seperti pengalaman di beberapa negara, diperlukan model bisnis baru dan inovatif untuk menyukseskan penerapan dan percepatan transisi transportasi publik berbasis listrik. Model bisnis baru tidak hanya melibatkan satu pihak saja (seperti operator swasta), tetapi juga dapat melibatkan pihak ketiga untuk mengurangi beban keuangan, mendistribusikan tanggung jawab dan risiko yang dapat muncul saat operasional bus listrik. Memahami berbagai model bisnis dan strategi keuangan untuk pengoperasian bus listrik dapat membantu menemukan strategi yang tepat dan sesuai dengan kondisi finansial pihak-pihak terkait dan kebijakan di Indonesia.

Kotak 5. 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 Kebijakan Kontrak dan Strategi Pembiayaan Saat Ini

Perusahaan Transportasi Publik di Indonesia biasanya memiliki dua jenis armada: armada milik sendiri dan armada sewaan 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 jumlah kilometer layanan yang disediakan terlepas dari tingkat okupansi penumpang. Fasilitas depo biasanya disediakan dan dikelola secara mandiri oleh operator.

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 yang sangat tinggi dan oleh karena itu penggunaan kilometer minimum tertentu per hari perlu ditetapkan agar operator dapat memenuhi dan menutup biaya tetap (*fixed cost*) seperti pembayaran utang, tenaga kerja, dan biaya administrasi.

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

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

1. Kebijakan Nasional dan Regional tentang Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai

Pada 2019, Pemerintah Republik Indonesia menerbitkan **Peraturan Presiden 55 Tahun 2019** tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) 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 biaya pendaftaran/transfer.

Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menerbitkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2020 tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Daya Listrik untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai, yang bersamaan dengan Peraturan Menteri ESDM Nomor 35 Tahun 2013 dan Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2016, berfungsi 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 10,000 bus listrik selama rentang waktu tahun 2020-2030. Pemerintah Provinsi (Pemprov) DKI 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.

Baru-baru ini, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta mengeluarkan Keputusan Gubernur 1053 Tahun 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/km 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.

Seluruh kebijakan yang telah dikeluarkan di tingkat nasional dan daerah ini dapat digunakan untuk menentukan skema keuangan dan model bisnis bus listrik.

2. Kebijakan Subsidi Transportasi Publik

Pemerintah 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 dengan **menyubsidi** belanja modal dan belanja operasional untuk pengoperasian transportasi publik yang tidak dapat ditutup oleh pendapatan tiket dan non-tiket, termasuk **biaya bahan bakar yang digunakan untuk transportasi publik**.

Hal ini juga menandakan kurangnya koordinasi antara Kementerian Keuangan dengan kementerian teknis seperti Kementerian Perhubungan, Kementerian ESDM, dan Kementerian Perindustrian untuk menyelaraskan skema insentif-disinsentif untuk mempercepat pengoperasian bus listrik. Oleh karena itu, diperlukan koordinasi antar kementerian untuk mendukung adopsi kendaraan bermotor listrik berbasis baterai, khususnya umum transportasi publik.

3. Kapasitas Finansial Operator Transportasi Publik

Kemampuan keuangan sebagian besar operator transportasi publik belum kuat. Kebutuhan investasi dari operator untuk bus diesel sangat kecil jika mempertimbangkan bahwa sekitar 80% dari biaya bus dibiayai dari utang, operator juga menerima 10-20% dari harga bus melalui *salvage value* dari bus.

Namun, dalam kasus implementasi bus listrik, peran pihak operator terkait kebutuhan investasi cenderung meningkat drastis karena harga bus yang lebih tinggi, ketersediaan skema dan penyedia utang yang masih jauh lebih rendah, investasi tambahan dalam infrastruktur pengisian daya, peremajaan depo, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, kapasitas keuangan operator yang tidak terlalu kuat bisa menjadi penghalang dalam proses percepatan adopsi bus listrik.

4. Peranan Institusi Utama

Institusi kunci terkait operasional bus diesel umumnya terdiri dari (1) Dinas Perhubungan dan/atau otoritas transportasi publik; (2) operator transportasi publik (umumnya swasta); (3) produsen bus; (4) bagian perawatan bus; (5) pemasok 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; 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 penjualannya. Selama ini perusahaan-perusahaan tersebut dapat menikmati kondisi finansial yang baik dari mengoperasikan stasiun pengisian bahan bakar di setiap kota dan juga akses antar kota misalnya di jalan tol. Aset-aset ini dapat dimanfaatkan untuk secara bertahap membangun bisnis pengisian daya untuk KBLBB, dalam rangka melakukan transisi dari satu energi menuju yang lain.

5. Depo dan Infrastruktur Pengisian Daya

Depo merupakan bagian penting dari ekosistem bus listrik sebagai lokasi **pencucian, pemeliharaan armada, serta lokasi pengisian daya. Ruang depo tambahan diperlukan untuk pemasangan infrastruktur pengisian daya.** Dengan demikian, investasi tambahan diperlukan dalam menambahkan ruang depo dan menambahkan saluran listrik. 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 dikarenakan adanya kemungkinan bus listrik harus melakukan pengisian ulang daya di depo selama periode *off-peak*. 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 Kontrak 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 18. Alternatif opsi kontrak 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. Misalnya, dengan campuran antara ekuitas dan utang untuk melengkapi subsidi modal dari pemerintah. **Obligasi “hijau” yang dikeluarkan oleh pemerintah kota (“municipal green bonds”) dapat menjadi alat yang efektif bagi perusahaan milik pemerintah kota yang layak secara kredit untuk dipertimbangkan dalam pembiayaan bus listrik.** Pemerintah kota atau provinsi dapat mengumpulkan persyaratan untuk bus listrik untuk Dinas Perhubungan dan menerbitkan obligasi berdurasi 8-10 tahun untuk membiayai pengadaan bus tersebut. Biaya yang lebih tinggi (*incremental cost*) untuk membeli bus listrik akan diimbangi dengan penghematan biaya energi dan perawatan, sehingga total biaya pembayaran utang kendaraan listrik akan lebih rendah daripada menggunakan bus konvensional.

2. Penyewaan Bus oleh Perusahaan Produsen Bus

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

Bus listrik biasanya lebih mahal, dengan rata-rata 50% lebih tinggi dari bus diesel, 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, pabrikan bus dapat menyewakan baterai untuk memastikan tanggung jawab perawatan dan kinerja tidak terdampak oleh pemisahan kepemilikan antara bus dan baterai.

4. Pemisahan Kepemilikan 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.



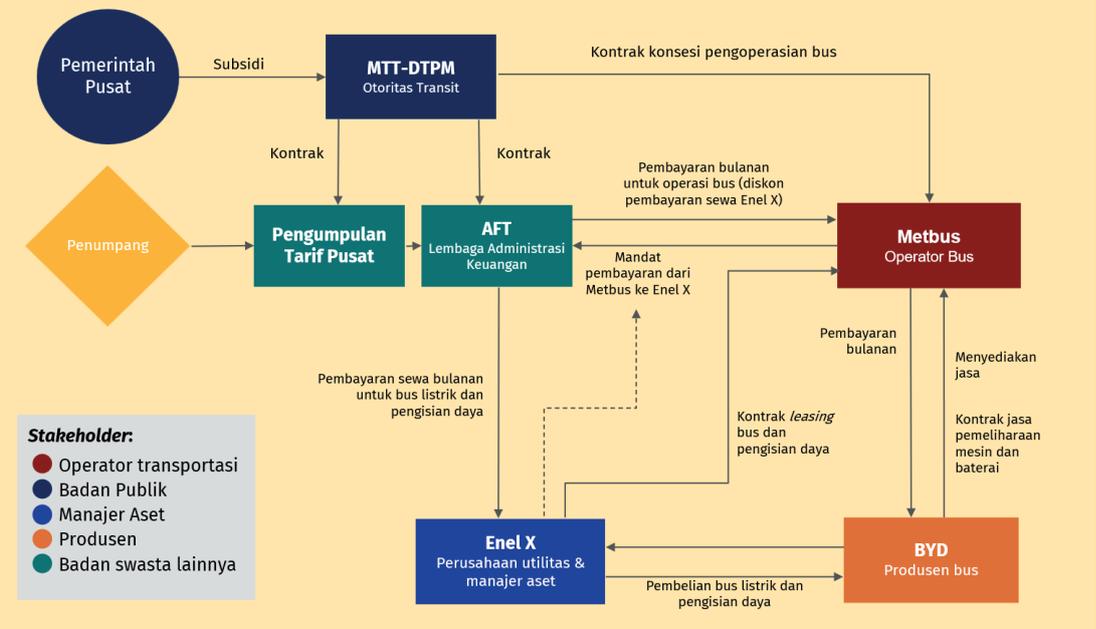
Gambar 13. Model bisnis PAYS™. Diadopsi dari Climate Policy Initiative, 2018.

- 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 berhasil 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 Chili.

Gambar 14. Model bisnis Metbus di Kota Santiago, Chili saat ini³⁴.



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).

³⁴ Diadaptasi dari Macedo, Bianca pada "Jakarta E-Mobility Event Day 3: Technology Selection and Business Model for Electric Buses and Peer-to-Peer Knowledge Sharing", 2022

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.

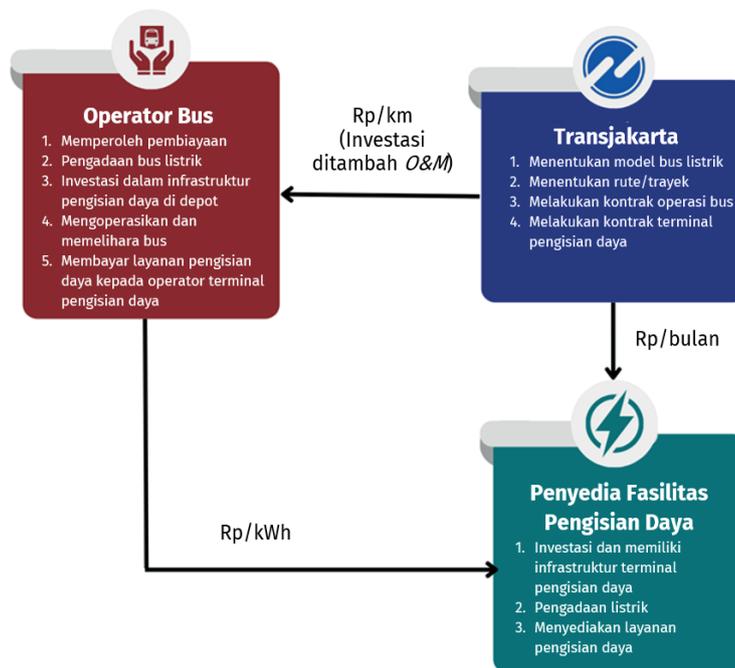
Terkait hal di atas, **bank cenderung menerapkan pendekatan pembiayaan proyek untuk mendanai proyek bus listrik.** Dengan demikian, jika suatu saat mereka menganggap konsesi tersebut tidak *bankable*, maka mereka mungkin akan memerlukan pihak eksternal sebagai penjamin, dukungan kredit, atau jaminan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

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

1. Model “Business As Usual” atau “Gross Cost Contract”

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 15. Bus besar listrik atau sedang milik operator dan dibebankan di terminal atau fasilitas pengisian daya lainnya



Dalam model bisnis ini:

- a. Operator memperoleh bus listrik dan berinvestasi dalam infrastruktur pengisian depo.
- b. Transjakarta mengatur infrastruktur terminal pengisian daya yang dibutuhkan melalui model kolaborasi antara sektor publik dan swasta yang persyaratannya 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 tarif Rupiah/km yang disepakati.

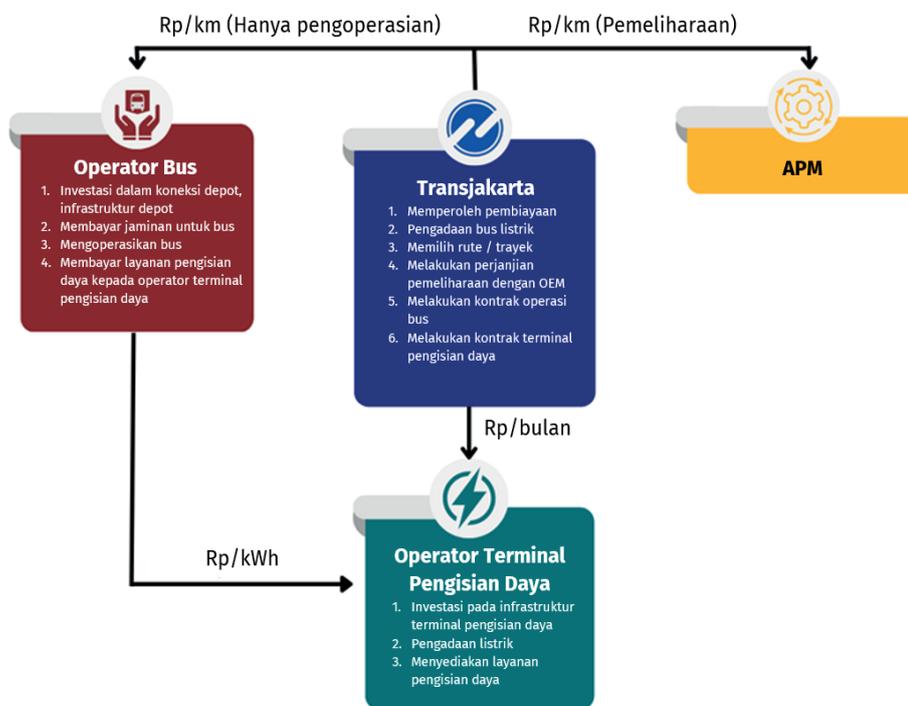
Keuntungan dan kerugian dari model ini dirangkum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 19. Kelebihan dan kekurangan model *Gross Cost Contract*

| 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 16. Bus besar listrik atau bus sedang listrik milik Transjakarta dan dikenakan biaya di terminal atau fasilitas pengisian daya



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 tarif Rupiah/km yang disepakati untuk mengoperasikan bus.
- Transjakarta atau SPV juga mengatur dana untuk bunga dan pelunasan pokok.

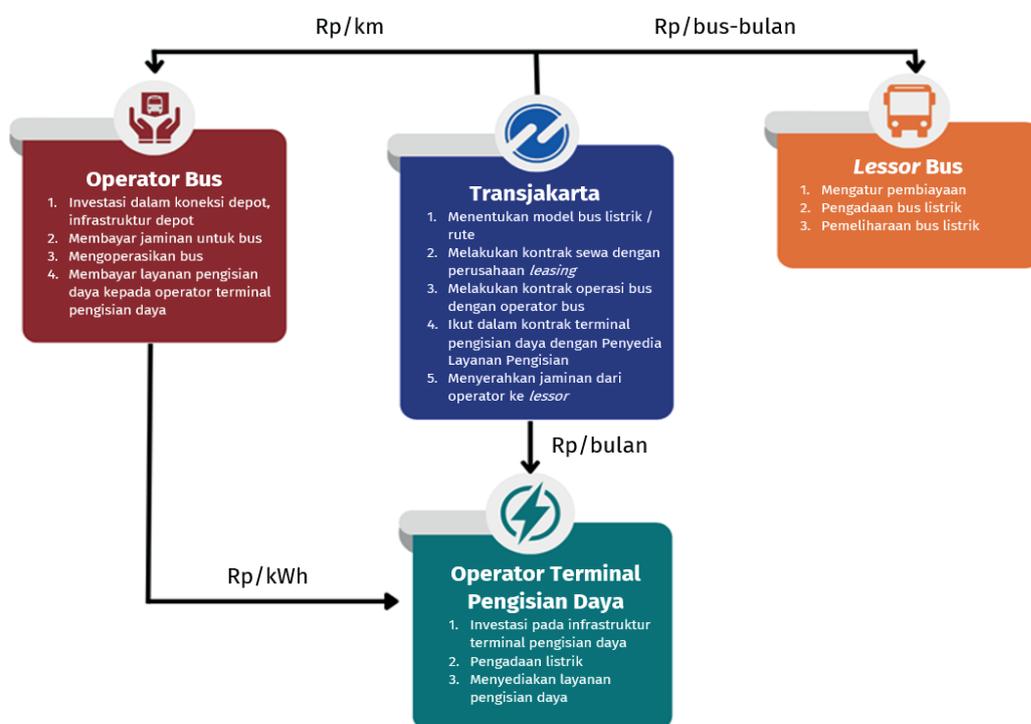
Keuntungan dan kerugian dari model ini dirangkum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 20. Keuntungan dan kerugian model keuangan konsesi

| Keuntungan | Kerugian |
|--|--|
| Biaya pembiayaan efektif yang lebih rendah. | Transjakarta lebih memilih model <i>asset-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 mengurus aset ketika aset tersebut tidak dimiliki oleh mereka. |

3. Bus Listrik Diperoleh Melalui Mekanisme *Leasing*

Gambar 17. Bus besar listrik atau sedang milik perusahaan *leasing* dan dibebankan di terminal



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/*Charging Service Provider* (CSP) yang berinvestasi dalam infrastruktur pengisian daya terminal dan mengoperasikan serta memeliharanya. Kemudian kompensasi akan diterima dari:
 - Transjakarta yang telah menyediakan infrastruktur—jumlah yang disepakati per bulan
 - Operator—sebesar energi yang digunakan.
- Transjakarta membayar biaya sewa bulanan kepada *lessor*.
- Transjakarta membayar operator bus berdasarkan tarif Rupiah/km yang disepakati untuk mengoperasikan bus.

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

Tabel 21. Kelebihan dan kekurangan model *leasing*

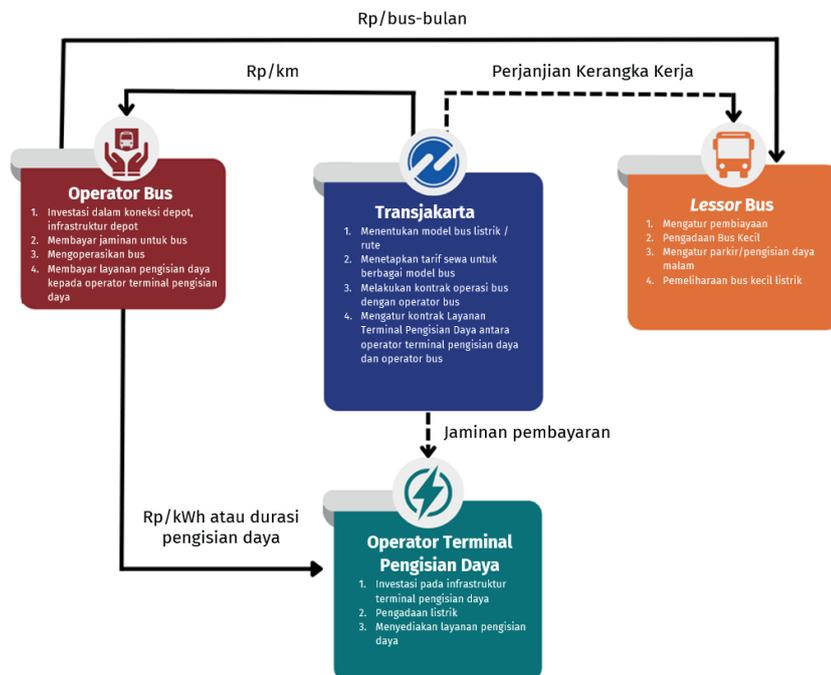
| Keuntungan | Kerugian |
|---|--|
| Baik Transjakarta maupun operator tidak perlu berinvestasi dalam pengadaan bus listrik. | Model kontrak lebih kompleks dan baru di Indonesia. |
| Biaya dana lebih rendah dibandingkan dengan operator yang memiliki bus listrik. | Kerangka peraturan saat ini mengatur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

Model Bisnis untuk Bus Kecil Listrik

Berbeda dengan bus besar ataupun bus sedang, dalam sistem ini terdapat beberapa kondisi khusus dalam pengoperasian bus kecil 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/operator 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 18. Model bisnis bus kecil listrik



Mengingat banyaknya operator bus kecil dan hasil yang tidak begitu sukses dari model pengoperasian 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:

- a. Transjakarta memilih model bus kecil listrik yang sesuai berdasarkan kesesuaian operasional dan daya saing biaya.
- b. 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.
- c. Transjakarta menunjuk operator yang harus mendapatkan bus listrik yang disewa dari perusahaan *leasing* yang dipilih sebelumnya oleh Transjakarta.
- d. Operator menyediakan uang jaminan yang cukup kecil untuk penyewaan bus.
- e. *Lessor* memastikan pemeliharaan bus.
- f. Transjakarta membayar operator bus berdasarkan tarif Rupiah/km yang disepakati.

Studi Kasus: Perencanaan Model Bisnis untuk BRT Medan Raya dan Bandung Raya³⁵

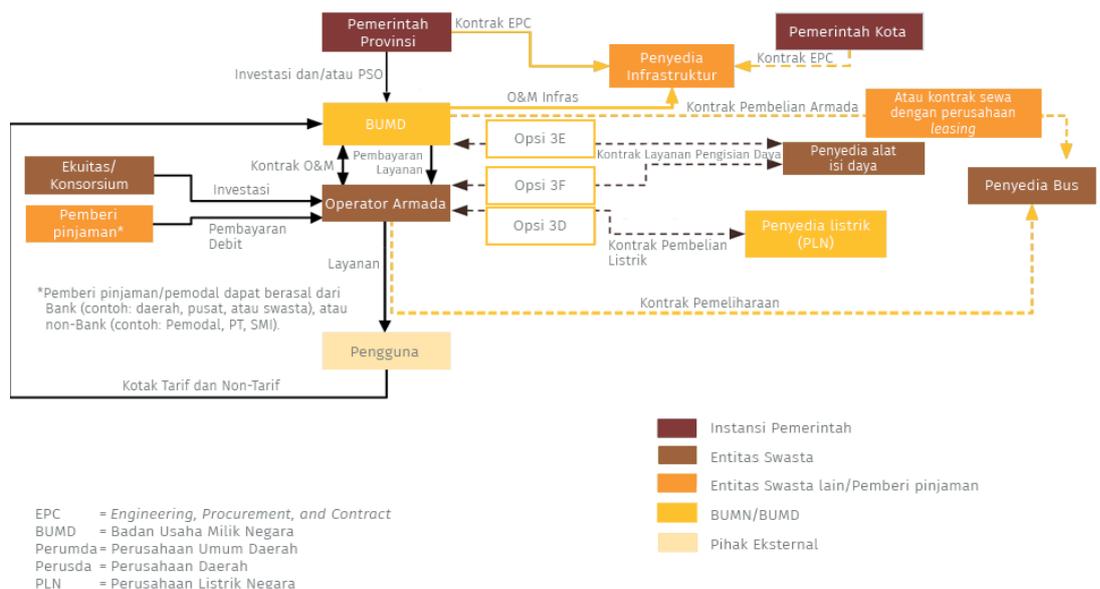
Beberapa opsi model bisnis telah dikembangkan untuk BRT Listrik Medan Raya dan Bandung Raya. Namun, sebelum mengembangkan model bisnis bus listrik, dilakukan analisis terhadap model bisnis transportasi publik berbasis jalan di Medan Raya dan Bandung Raya saat ini.

Selain memiliki transportasi publik informal atau paratransit (angkutan kota, “angkot”), Bandung Raya telah dilayani oleh layanan Trans Metro Bandung yang dikelola oleh BLU UPTD Angkutan Dinas Perhubungan Kota Bandung dan layanan *Buy-the-Service* (BTS) Teman Bus dari Kementerian Transportasi, 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 pengaturan kelembagaan, potensi keterlibatan sektor swasta, tanggung 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.
- *Unbundled contract* (disebut juga *management contracting*), di mana Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) akan menyediakan pembelian bus listrik kepada penyedia bus. Cakupan operator bus listrik hanya O&M dan penyediaan fasilitas depo. Operator bus listrik juga dapat melakukan kontrak pemeliharaan dengan penyedia layanan.

Gambar 19. Service payment O&M–Unbundled (split model) dengan BUMD untuk BRT listrik Medan Raya dan Bandung Raya³⁶



³⁵ 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>

³⁶ 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.

Rekomendasi model bisnis dirangkum di bawah ini:

- Implementasi bus listrik di Bandung Raya dan Medan Raya dapat menggunakan model bisnis pembayaran layanan 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.
- Sebuah kontrak antara Pemerintah Provinsi dan BUMD dan operator bus untuk memungut 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 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 ROI³⁷.
- 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. Kasus Skema Pendanaan: 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 pra-transaksi** 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.

³⁷ 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.

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:

a. Dasar Hukum dan Persyaratan.

Di bawah studi UK PACT Tahun ke-2, 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

- Non-GGL (*Government Guarantee Letter*): PT. SMI memberikan pinjaman daerah kepada Pemerintah Jakarta.
- Non-GGL (*Government Guarantee Letter*): Kombinasi pinjaman daerah dan obligasi yang diterbitkan oleh PT. SMI.
- Surat Jaminan Pemerintah: Badan Kredit Ekspor/Exporting Credit Agencies (ECA) atau Development Financial Institution (DFIs), kepada Pemerintah (pinjaman 2 tahap).

b. Pendanaan Swasta

- Pinjaman dari bank umum kepada sektor swasta.
- Swasta–pembiayaan sekuritas.

Tabel 22. Rangkuman alternatif skema pendanaan

Matriks yang menunjukkan alternatif skema pendanaan dan karakteristiknya disajikan pada Tabel 22 di bawah ini.

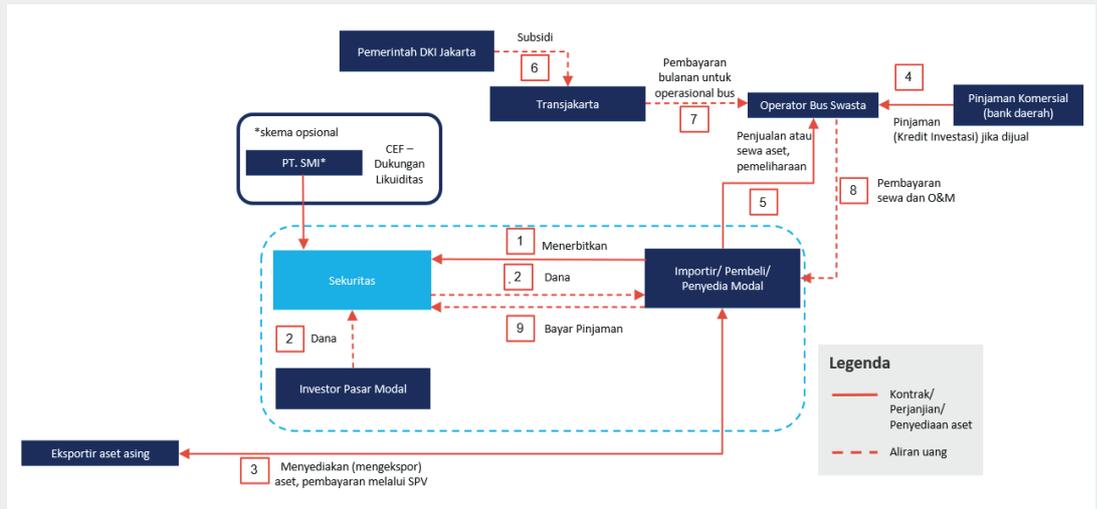
| Sumber Pendanaan | Skema | Deskripsi | GGL* | SPV** | Instrumen Investasi/ Pendanaan Lain | Hasil Simulasi WACC |
|------------------|------------|--|------|-------|-------------------------------------|---------------------|
| Publik | A-1 | PT SMI menyediakan Pinjaman Daerah (Pinda) kepada Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. | × | ✓ | × | 7.21% |
| | A-2 | Kombinasi Pinda dan instrumen investasi yang dikeluarkan oleh PT SMI. | × | ✓ | ✓ | 7.39% |
| | A-3 | Pinjaman Development Financial Institutions (DFIs) atau Export Credit Agencies (ECAs) kepada Pemerintah (2-step loan). | ✓ | ✓ | × | 6.86% |
| Privat/ Swasta | B-1 | Pinjaman dari bank daerah dan bank komersial, termasuk Export Credit Agencies (ECAs)/ Development Financing Institutions (DFIs). | × | × | × | 10.08% |
| | B-1A | Pinjaman dari bank komersial asing kepada sektor swasta - Business as Usual (BaU). | × | × | × | 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, finance lease 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 Swasta³⁸ 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 memanfaatkan 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 20 di bawah ini, sedangkan pembiayaan terstruktur secara rinci dan instrumen pembiayaan yang digunakan skema ini akan dianalisis lebih lanjut.

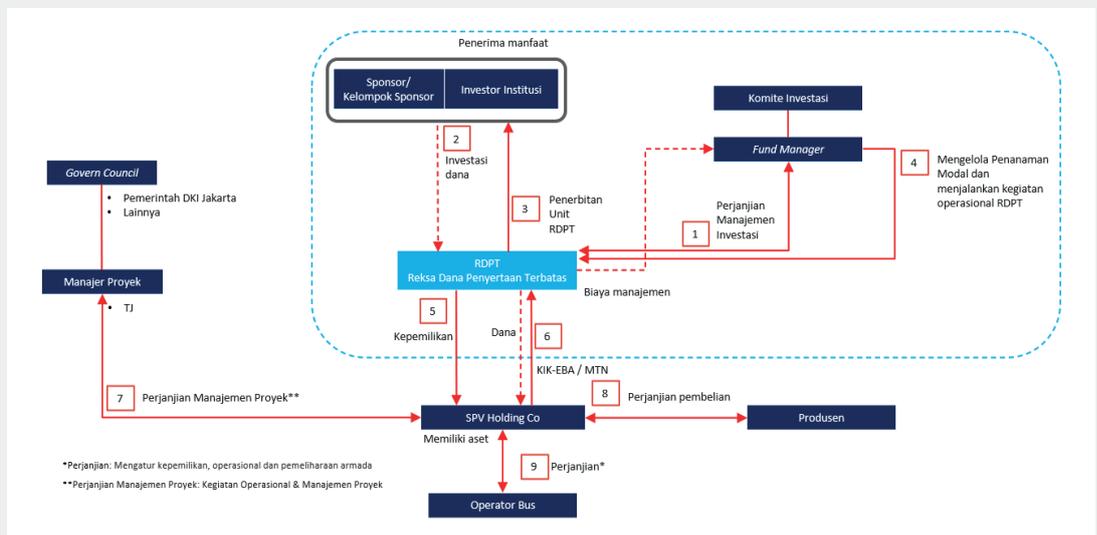
Gambar 20. Skema B-2: Sektor swasta menerbitkan produk pembiayaan untuk membiayai proyek



Seperti yang terlihat pada gambar kotak biru 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 reksadana) yang beredar di pasar, reksadana dianggap paling layak untuk dimanfaatkan dalam rangka elektrifikasi Transjakarta. Secara khusus reksa dana yang akan dikaji lebih lanjut adalah **Reksa Dana Penyerahan Terbatas (RDPT)**.

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

Gambar 21. Scheme B-2, alternative 1 structured financing



³⁸ Importers or capital providers

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. Investor Institusi membeli unit RDPT Penerbit: 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.

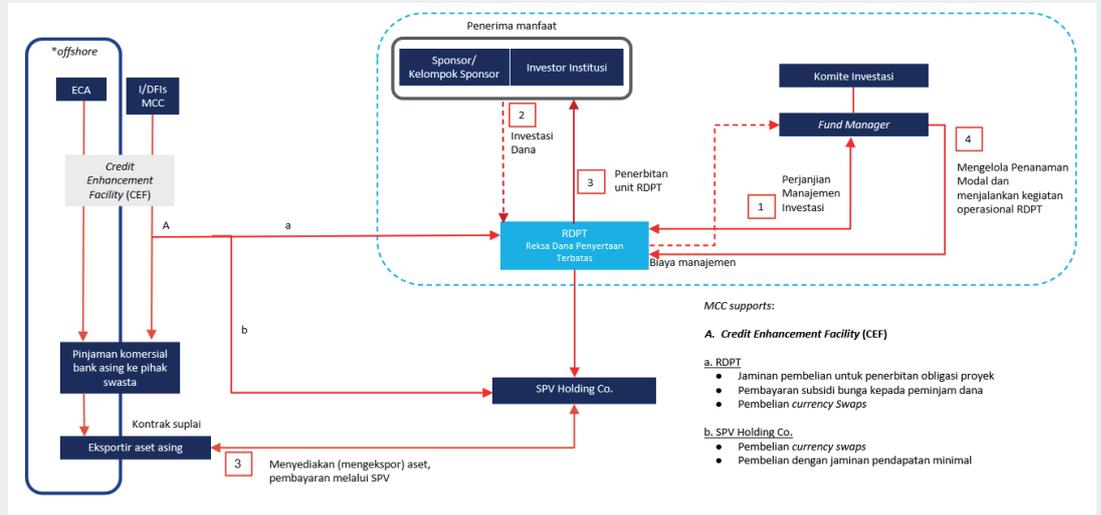
Keuntungan dan tantangan dari skema ini ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 23. Keuntungan dan tantangan skema pendanaan B-2, alternatif 1

| Keuntungan | Tantangan |
|---|--|
| Peluang kerja sama antara <i>Fund Manager</i> dan Transjakarta (sinergi BUMN/BUMN – BUMD) yang dapat meningkatkan tingkat kepercayaan serta kemudahan proses. | Penolakan bisa datang dari operator yang ada yang takut penyedia modal mengambil bisnis mereka atau menjadi pesaing. |
| Peran para pemeran utama akan dioptimalkan tanpa mengubah peran yang selama ini diemban. | Skemanya cukup kompleks dan melibatkan banyak pemain sehingga dapat menciptakan proses yang panjang dan memakan waktu. |
| SPV sebagai pemilik aset dengan sewa operasi kepada operator. | Biaya dana belum tentu murah. |
| Risiko sepenuhnya ditanggung oleh investor swasta. | Aset tersebut tidak boleh digunakan/dipelihara dengan baik oleh operator karena bukan pemiliknya. |
| Biaya dana mungkin lebih murah daripada pinjaman bank–akan tergantung pada peringkat produk keuangan. | |

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 ini. Dalam skema ini, SPV dapat memiliki perjanjian penjualan dengan eksportir aset asing serta pertukaran mata uang dengan *Credit Enhancement Facility* (CEFs) asing.

Gambar 22. Scheme B-2, alternative 1 structured blended financing



Selain keuntungan dan tantangan yang ditunjukkan pada Tabel 23, 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.

2. Kasus Analisis Finansial: TCO/km

Analisis finansial yang dikembangkan untuk elektrifikasi transportasi publik akan bergantung pada tujuan yang ingin dicapai, tingkat kedetailan analisis, dan keputusan yang perlu dibuat. Analisis TCO/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 TCO/km. Umumnya komponen biaya yang akan dimasukkan dalam analisis TCO/km untuk bus listrik adalah biaya modal (CAPEX), biaya operasional (OPEX) dan biaya perawatan, serta biaya lainnya.

CAPEX untuk bus listrik terdiri dari:

- Biaya pengadaan bus listrik tergantung ukuran bus serta ukuran baterai.
- Pajak dan bea impor.
- Biaya infrastruktur pengisian daya, termasuk konektivitas jaringan dan biaya pemasangan alat pengisian daya.
- Rasio penggantian.
- Usia pakai bus.
- Biaya pemasangan depo.

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

3. Kasus: Analisis TCO/km 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 setaraf, tetapi lebih murah untuk dioperasikan dan dipelihara, sehingga pada jangka panjang akan memiliki total biaya operasi yang lebih rendah daripada bus setaraf yang berbahan bakar diesel. Studi yang dilakukan oleh C40-CFF³⁹ 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 TCO untuk menjalankan bus kecil dengan jarak tempuh rata-rata sejauh 200 km per hari dapat memberi penghematan bagi operator di kisaran Rp 505/km (11%) hingga Rp 875/km (18%), yang bergantung pada model bus konvensional yang ditinjau jika dibandingkan dengan model bus listrik yang tersedia dengan kapasitas tempat duduk yang sebanding. Penghematan di atas mempertimbangkan harga kendaraan di pasaran pada saat ini. Dengan penurunan harga kendaraan listrik, harga bahan bakar fosil non-subsidi, dan penghematan emisi GRK, penghematan TCO diperkirakan akan meningkat secara signifikan.

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

4. Kasus: Analisis Finansial Pemilihan Model Bisnis Elektrifikasi Transjakarta

Alternatif model bisnis dan skema pendanaan yang terkait untuk elektrifikasi Transjakarta telah ditinjau berdasarkan studi UK PACT Fase-2, tetapi pada dasarnya opsi berikut muncul:

- Aset dibeli oleh operator secara langsung dan dioperasikan melalui *gross cost contract* (opsi A).
- Aset diperoleh dan dibiayai oleh Transjakarta atau SPV dan dioperasikan sendiri atau melalui operator (opsi B).
- Aset dibeli oleh Transjakarta atau operator secara langsung melalui mekanisme pembiayaan sewa (opsi C).

Analisis keuangan 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 TCO/km yang digunakan untuk menentukan paritas TCO dari setiap tipe armada Transjakarta dibandingkan dengan armada konvensional yang sebanding 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 Rp/km yang berbeda setiap tahun untuk jenis armada yang sama. Setelah mendapatkan Rp/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 skema model bisnis.

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

³⁹ Financial Feasibility Study C40 Cities Finance Facility, August 31, 2020.

5. Pengembangan *Business Case*, 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 di bawah studi UK PACT terdiri dari beberapa bagian, seperti:

Tabel 24. Outline kasus bisnis 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, skema kontrak untuk elektrifikasi, dan pemilihan rute. |
| Detail Rencana Teknis | Rute yang dipilih untuk elektrifikasi, terminal yang dipilih, jenis teknologi yang diusulkan (armada dan pengisi daya). |
| Model Bisnis dan Opsi Pembiayaan Terstruktur | Opsi pemisahan aset, skema pendanaan, dan opsi pembiayaan terstruktur. |
| 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?
 - Siapa yang menanggung risiko pendapatan—apakah dinas perhubungan setempat, atau operator secara langsung?
- Apakah operator baik secara finansial untuk meningkatkan investasi yang dibutuhkan untuk bus listrik?
- 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 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

Tabel 25. Referensi yang digunakan pada Bab 8

| 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-e-bus-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, ICCT and The World Bank, 2022 |
| | TCO Calculations for Microbus | ITDP and UK PACT, 2021 |
| | Business models, Structured Financing Scheme, and Contractual framework of Transjakarta first-phase of large-scale electrification | ITDP and UK PACT, 2022 |
| | Report on Transjakarta E-Bus Integrated Long-Term Implementation Phase | ITDP and UK PACT, 2022 |
| | Financial and Economic Analysis of Transjakarta Electrification | ITDP and UK PACT, 2023 |

KERANGKA KEBIJAKAN DAN KELEMBAGAAN UNTUK IMPLEMENTASI BUS LISTRIK: STUDI KASUS JAKARTA

9

Kotak 7. 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: Becak, taksi, sepeda, 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, terlepas dari usia kendaraan. Kendaraan yang akan dibongkar direkomendasikan oleh stasiun pengujian kendaraan jika ditemukan ketidaklayakan selama uji kendaraan dan ketidaksesuaian dengan aturan.

Setiap adanya perubahan pasti akan terdapat hambatan, 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 non-fiskal. Sejumlah rekomendasi kebijakan yang disarankan untuk Pemerintah Indonesia pada tingkat pusat dan daerah dibahas pada bagian ini.

Studi 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 26. Kategori kerangka kebijakan elektrifikasi Transjakarta

| Kategori Kebijakan | Deskripsi |
|--|--|
| Kebijakan Transjakarta | Dasar hukum pendirian Transjakarta, transportasi di tingkat daerah, sistem BRT, dan kerangka kontrak. |
| Peraturan tentang 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 GESI | 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 undang-undang (RUU) 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 yang ada di tingkat nasional tentang penetapan harga karbon, empat peraturan daerah yang sedang dalam proses atau Rancangan Peraturan Daerah (Raperda), dan satu RUU Peraturan Gubernur (Pergub) yang sedang dalam proses tentang Strategi Pengendalian Kualitas Udara.

Dari kajian tersebut, target elektrifikasi Transjakarta yang tertuang dalam RUU Pergub perlu disesuaikan karena RUU Pergub hanya menargetkan 40 armada bus listrik (non bus kecil) yang akan diimplementasikan setiap tahun dari tahun 2022–2030, yang berarti hanya 360 bus listrik yang pada tahun 2030 beroperasi di bawah layanan Transjakarta. Target ini tidak sejalan dengan target elektrifikasi 10.047 armada bus listrik pada 2030, di mana 4.000 armada di antaranya adalah bus kecil.

Selain itu, untuk memastikan Program Elektrifikasi Transjakarta yang berkelanjutan, dan untuk mengamankan pembiayaannya 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 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 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 UK PACT Inggris dan 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

Tabel 27. Referensi yang digunakan pada Bab 9

| Referensi/Tautan | Judul | Penerbit & Tahun Terbit |
|---|--|---------------------------|
| | Policy Gaps and Policy Recommendations | ITDP and UK PACT, 2021. |
| https://itdp-indonesia.org/publication/support-for-e-mobility-transition-in-jakarta/ | Policy Recommendation | ITDP and UNEP-CTCN, 2020. |

ASPEK INKLUSIVITAS YANG PERLU DIPERTIMBANGKAN UNTUK ELEKTRIFIKASI

10

Kotak 8. 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 GESI (Kesetaraan Gender dan Inklusi Sosial) penting untuk masalah transportasi publik?

Keberadaan transportasi publik menjadi andalan yang berdampak positif bagi kebutuhan mobilitas warga kota ragam gender, usia, dan abilitas. Transportasi publik juga berperan dalam meningkatkan akses kelompok rentan pada fasilitas dan layanan dasar seperti fasilitas pendidikan, layanan kesehatan, pasar, dan tempat kerja. Pemahaman yang tepat dalam hubungan antara gender, inklusi sosial, dan akses transportasi, serta perbedaan gender dalam pola transportasi dan kebutuhan aksesibilitas yang berbeda untuk setiap kelompok rentan, dapat membantu pembuat kebijakan dan pengambil keputusan dalam mengembangkan transportasi publik yang responsif dan inklusif gender.

10.2 Permasalahan GESI pada Bus Listrik

Secara umum, bus listrik memiliki banyak kesamaan dengan bus diesel, kecuali dalam hal bahan bakar dan mekanisme pengisiannya. Namun, berdasarkan diskusi kelompok terarah dengan perwakilan penyandang disabilitas, terdapat beberapa kekhawatiran yang dapat ditemukan di bus listrik.

Karena tidak adanya mesin pembakaran internal, **bus listrik tidak menghasilkan suara saat beroperasi**. Keheningan ini dapat menimbulkan masalah bagi pejalan kaki dengan gangguan pendengaran dan pejalan kaki dengan gangguan penglihatan karena mereka tidak akan menyadari adanya bus listrik yang masuk.

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 diesel**. 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.

10.3 Pengembangan Bus Listrik yang Responsif Gender dan Inklusif

Perencanaan partisipatif harus dipraktekkan dalam semua upaya dan dalam semua proses perencanaan elektrifikasi. Keterlibatan menerus kelompok rentan diperlukan untuk membangun kepercayaan. Selain itu, hal tersebut juga dapat mengakomodir memasukkan kebutuhan mereka di seluruh proses dan progres perencanaan. Penyusunan daftar ini didasarkan pada catatan dan masukan yang dihimpun dari serangkaian survei dan kegiatan diskusi kelompok terpusat yang telah diikuti oleh ragam perwakilan kelompok perempuan dan kelompok rentan lainnya.

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 23. 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



1. Infrastruktur Armada Bus Listrik

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

Tabel 28. Rekomendasi infrastruktur armada bus listrik yang responsif gender dan inklusif

| No | Komponen | Rekomendasi | Kelompok yang Paling Terdampak |
|----|----------------------|--|---|
| 1 | Dimensi Bus | Menyediakan dimensi Mikrotrans yang lebih besar untuk memudahkan pergerakan penumpang saat naik atau turun tanpa perlu membungkuk. | Lansia dan penyandang disabilitas. |
| 2 | Kesenjangan 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>). |

| No | Komponen | Rekomendasi | Kelompok yang Paling Terdampak |
|----|------------------------|--|--|
| 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, perempuan yang menggendong bayi atau anak-anak, dan penumpang lain dengan kebutuhan khusus. |
| 4 | Pintu Bus | <ul style="list-style-type: none"> Memastikan lebar pintu bus listrik 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 sebelum penutupan pintu untuk mengakomodasi kebutuhan penyandang disabilitas, lansia, dan perempuan yang bepergian dengan bayi atau anak-anak. | Pengguna kursi roda dan semua kelompok prioritas. |
| 5 | Interior bus | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | Ruang kursi roda | <ul style="list-style-type: none"> 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 | Hand Grip | 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 29. Rekomendasi infrastruktur pendukung bus listrik yang responsif gender dan inklusif

| No | Komponen | Rekomendasi | Kelompok yang Paling Terdampak |
|----|---|--|---|
| 1 | Halte Bus | <ul style="list-style-type: none"> 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 ruang, 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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/anak-anak. Memastikan semua pengumuman audio dapat didengar dengan jelas, termasuk pada jam sibuk. | Penyandang disabilitas penglihatan, lansia, perempuan dengan bayi atau anak-anak, penumpang yang membawa barang berat |

| No | Komponen | Rekomendasi | Kelompok yang Paling Terdampak |
|----|--------------------------------------|--|--------------------------------|
| 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 30. Rekomendasi untuk layanan yang responsif dan inklusif gender

| No | Komponen | Rekomendasi | Kelompok yang Paling Terdampak |
|----|--|---|-----------------------------------|
| 1 | Petugas armada | <ul style="list-style-type: none"> 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 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 Gender Impact Assessment (GIA)

Sebelumnya, pendampingan ITDP melalui proyek bus listrik UK PACT menghasilkan lokakarya partisipatif yang membuahkan hasil intervensi besar pada desain armada bus listrik Transjakarta. Ini termasuk (i) pintu akses lebar untuk memudahkan proses naik turun penumpang dengan kursi roda; (ii) ruang tambahan untuk kursi roda dan kereta bayi di dalam bus; (iii) ruang tambahan untuk barang bawaan, belanjaan, dan/atau barang lainnya; dan (iv) palang tambahan untuk memastikan keamanan dan situasi darurat. Hasil diskusi juga mengarah pada pentingnya meninjau peraturan terkait keamanan dalam implementasi bus listrik yang inklusif dan layanan yang disediakan oleh Transjakarta.

Gender Impact Assessment harus dilakukan untuk melengkapi semua usulan masukan dan/atau saran dari peraturan terbaru yang dapat mempengaruhi penyelenggaraan bus listrik Transjakarta. Dua sudut pandang dipilih untuk mengembangkan *Gender Impact Assessment* di bawah studi UK PACT: dari sudut pandang peraturan dan dari sudut pandang implementasi proyek, yang mencakup faktor-faktor selain kerangka peraturan yang dicakup oleh analisis di bawah studi ini, seperti analisis pasar, rencana implementasi, rencana teknis, model bisnis dan pembiayaan, dan analisis keuangan.

Gender Impact Assessment (GIA) didefinisikan oleh Komisi Eropa sebagai “proses membandingkan dan menilai, sesuai kriteria relevan gender, situasi dan tren saat ini dengan perkembangan yang diharapkan sebagai hasil dari pengenalan kebijakan yang diusulkan” dan “perkiraan efek yang berbeda (positif, negatif atau netral) dari setiap kebijakan atau kegiatan yang diterapkan pada item tertentu dalam hal kesetaraan gender”. Singkatnya, GIA adalah analisis kebijakan atau regulasi untuk mengidentifikasi kemungkinan konsekuensinya mengingat ketidaksetaraan yang ada di masyarakat di mana kebijakan itu diberlakukan. Seperti kebijakan dan peraturan lainnya, tujuan utama pelaksanaan GIA adalah untuk mengadaptasi kebijakan atau peraturan untuk memastikan bahwa setiap efek diskriminatif dihilangkan atau dikurangi, serta untuk secara proaktif mempromosikan kesetaraan gender dan inklusi sosial di sektor sasaran, di dalam hal ini implementasi bus listrik Transjakarta.

Alat dan Komponen Gender Impact Assessment untuk Kerangka Kebijakan

Di bawah studi UK PACT, kombinasi dua kerangka kerja digunakan. Kombinasi ini memungkinkan dilakukannya analisis sejauh mana regulasi telah mengakomodasi isu kesetaraan gender dan inklusi sosial, sekaligus mengidentifikasi dampak atas hal tersebut baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Dua kerangka kerja yang digunakan untuk analisis adalah:

1. Kerangka Longwe

Kerangka ini bertujuan untuk mencapai kontrol yang setara di sektor pembangunan, termasuk transportasi, terutama antara perempuan dan laki-laki. Untuk analisis ini, kelompok lain juga dipertimbangkan, dengan fokus pada kelompok yang rentan dan terpinggirkan. Untuk menilai kerangka peraturan yang ada yang menjadi dasar kebijakan dan rencana elektrifikasi bus Transjakarta, salah satu alat di bawah Kerangka Longwe digunakan, yaitu tingkat pengakuan masalah perempuan dengan penambahan masalah kelompok rentan lainnya dalam peraturan yang ada. Komponen dari alat ini disesuaikan agar sesuai dengan tujuan proyek, antara lain:

- Level positif atau tergabung penuh.
- Tingkat netral atau tergabung sebagian.
- Level negatif atau tidak tergabung.

2. Kerangka Audit Gender

Kerangka kerja ini menilai integrasi gender ke dalam kebijakan dan program. Sejalan dengan fokus proyek, kajian ini tidak hanya melihat integrasi gender, tetapi juga kelompok rentan lainnya yang terkena dampak kebijakan dan rencana elektrifikasi bus Transjakarta. Untuk menganalisis kerangka peraturan rencana Elektrifikasi Transjakarta, komponen-komponen berikut digunakan:

- Identifikasi dampak manfaat dari kebijakan terkait.
- Identifikasi dampak yang tidak menguntungkan dari kebijakan terkait.

Kebijakan yang dianalisis untuk *Gender Impact Assessment* adalah:

- Kebijakan Elektrifikasi Transjakarta, berarti kebijakan yang telah ada dan berpotensi mempercepat dan meningkatkan elektrifikasi Transjakarta; Dan
- Rancangan Peraturan Daerah (Raperda) sebagaimana tertuang dalam Program Pembentukan Peraturan Daerah (Propemperda) 2023⁴⁰ dan dalam Keputusan Sekda No. 150 Tahun 2021 tentang Program Pembentukan Pergub Tahun 2022.

10.5 Daftar Periksa GESI

Berikut ini adalah daftar periksa GESI 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 GESI 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 31. Kebijakan dan program pengarusutamaan GESI dalam bus listrik

| No | Daftar Periksa GESI | Ya | Sebagian | Tidak | Keterangan |
|---|---|----|----------|-------|---|
| GESI 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 pendukung)? | | | | |

⁴⁰ <https://dprd-dkijakartaprovgov.go.id/program-legislasi-daerah/propemperda-tahun-2023/> diakses pada 28 Desember 2022;

| No | Daftar Periksa GESI | Ya | Sebagian | Tidak | Keterangan |
|--|--|----|----------|-------|------------|
| 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: <ul style="list-style-type: none"> • 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: <ul style="list-style-type: none"> • 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 GESI dalam Persiapan dan Desain Program Bus Listrik | | | | | |
| 1 | Apakah rancangan program bus listrik mengintegrasikan perspektif GESI sebagai bagian dari komponennya? | | | | |
| 2 | Apakah perempuan, laki-laki, dan kelompok rentan lainnya yang terkena dampak program termasuk dalam konsultasi pemangku kepentingan? | | | | |

| No | Daftar Periksa GESI | Ya | Sebagian | Tidak | Keterangan |
|--|---|----|----------|-------|------------|
| 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 GESI 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 GESI yang perlu ditangani telah diidentifikasi? | | | | |
| 6 | Apakah pendekatan untuk mengatasi masalah terkait GESI yang diidentifikasi berkembang? | | | | |
| 7 | Apakah indikator dikembangkan untuk mengukur kemajuan pada isu-isu terkait GESI dalam komponen program yang relevan? | | | | |
| 8 | Apakah risiko spesifik GESI 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 GESI dalam Persiapan dan Desain Program Bus Listrik | | | | | |
| 1 | Apakah data yang dipilah 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 32. Pengarusutamaan GESI dalam armada, prasarana, dan fasilitas bus listrik

| No | Daftar Periksa GESI | Ya | Sebagian | Tidak | Keterangan |
|--|---|----|----------|-------|---|
| Pengarusutamaan GESI dalam Armada dan Infrastruktur Bus Listrik | | | | | |
| 1 | Apakah armada bus listrik dilengkapi dengan <i>ramp</i> ? | | | | (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 armada bus listrik dirancang untuk mengakomodasi pengguna kursi roda dan kereta bayi? <i>Apakah dimensi cukup bukan hanya untuk duduk, tetapi juga untuk bermanuver?</i> | | | | |
| 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 GESI di Fasilitas Penunjang Bus Listrik | | | | | |
| 1 | Apakah halte bus dilengkapi dengan <i>ramp</i> dan railing? | | | | |
| 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? | | | | |

| No | Daftar Periksa GESI | Ya | Sebagian | Tidak | Keterangan |
|----|---|----|----------|-------|------------|
| 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? | | | | |
| 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

Tabel 33. Referensi yang digunakan pada Bab 10

| Referensi/Tautan | Judul | Penerbit & 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 Gender Analysis Pathway (GAP) dan Gender Budget Statement (GBS). | AIPD: Jakarta. |
| Sugarda, C. et. al. (2021) | 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 |

PEMBELAJARAN IMPLEMENTASI BUS LISTRIK BATERAI DARI TRANSJAKARTA DAN GLOBAL

11

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 dimana 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 dan Pilot 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 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 didalam 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.

Gambar 24. Target elektrifikasi Transjakarta



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 OEM untuk mengoperasikan armada bus listrik tertentu selama periode yang disepakati (biasanya 3 bulan) dan mengevaluasi kinerja armada, misalnya konsumsi 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. Operator telah selesai mempersiapkan semua infrastruktur yang dibutuhkan dan diwajibkan untuk mengoperasikan dan memelihara bus listrik sesuai spesifikasi Transjakarta.

Pemilihan Teknologi & Perencanaan Infrastruktur

Tahap Uji Coba

Untuk tahap uji coba, yaitu pada tahun antara 2019 dan 2022, Transjakarta telah memperkenalkan tiga jenis armada: bus lantai rendah 12 m, bus medium 7,5 m, 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.

Pada Juli 2022, Transjakarta menandatangani MoU (*Memorandum of Understanding*) dengan OEM kendaraan listrik lokal, PT Mobil Anak Bangsa (MAB), untuk implementasi bus listrik. Inisiatif dimulai dengan uji coba bus listrik BRT dek tinggi 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 25. Higer KLQ6125GEC-101, dioperasikan pada bulan September sampai dengan Desember 2021 untuk tahap uji coba



**Gambar 26. Uji coba Bus
BYD C6 Transjakarta, 2020**



Tahap Pilot

Menggunakan model yang sama dengan model yang digunakan saat fase uji coba, Transjakarta melakukan fase pilot dengan mengerahkan 30 unit BYD K9 bus lantai rendah 12 m. Tipe pengisi daya yang digunakan untuk fase pilot adalah 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 27. Bus BYD K9 yang
digunakan Transjakarta
pada fase pilot**



Penting untuk memastikan pengisi daya kompatibel dengan bus. Untuk tahap pilot Transjakarta, operator telah mengirimkan pengisi daya bus listrik yang akan digunakan selama tahap ini ke Cina untuk uji kompatibilitas, dan untuk mendapatkan lisensi dari BYD Cina bahwa itu kompatibel dengan bus.

Gambar 28. Pengisi daya double gun bertipe plug-in, dengan kapasitas 200 KW CCS2 oleh Proteksindo



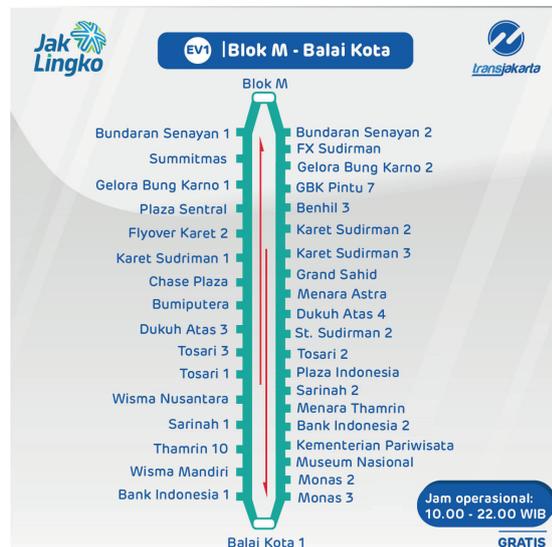
Rencana Operasional dan Pemilihan Rute

Tahap Uji Coba dan Pilot

Pada tahap uji coba, Transjakarta memilih EV1: Blok M - Balai Kota sebagai rute demonstrasi bus listrik BYD K9, BYD C6, dan Higer KLQ 6125 GEC-101. Rute tersebut melewati kawasan pusat bisnis (CBD) sehingga menimbulkan demonstrasi yang baik bagi warga Jakarta. Untuk model bus listrik lantai rendah 12 m lainnya dan bus BRT Mobil Anak Bangsa 12 m, Transjakarta menggunakan rute non-BRT 5F: Kampung Melayu-Tanah Abang dan rute BRT 6B: Ragunan-Monas.

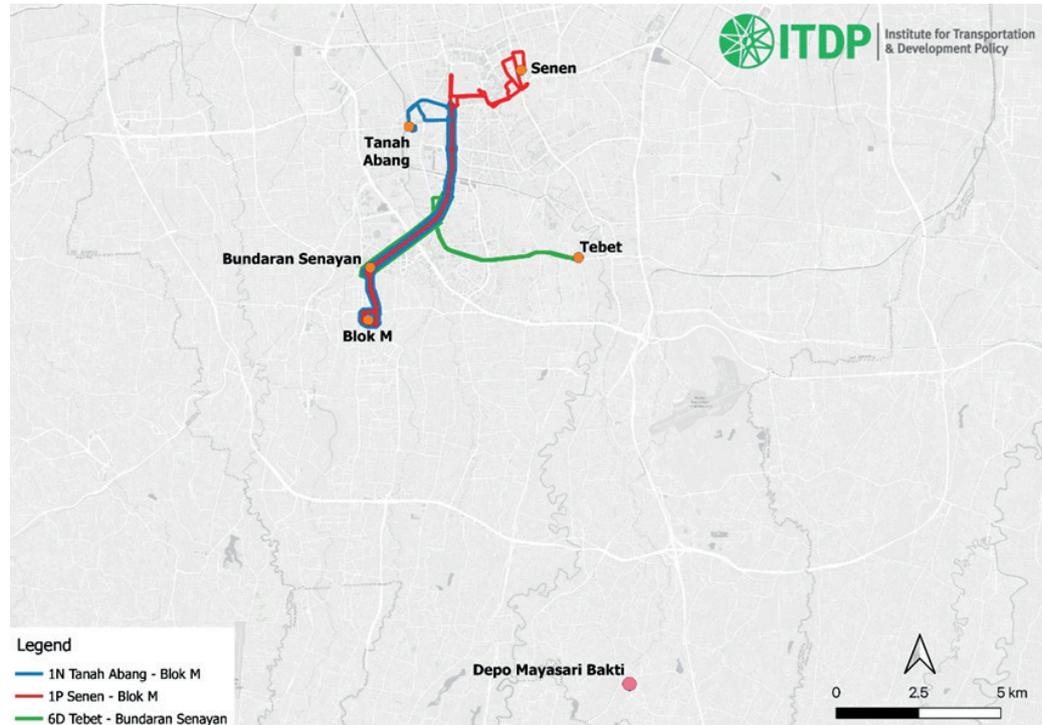
Pemilihan berbagai jenis rute pada tahap uji coba penting dilakukan untuk mengetahui perbedaan konsumsi energi bus listrik pada kondisi rute yang berbeda.

Gambar 29. Jalur 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 tahap pilot, Transjakarta awalnya memilih rute 2 rute, yaitu 1N: Tanah Abang-Blok M dan 1P: Senen-Blok M. Rute 6D Senayan nantinya dipilih untuk menampung penumpang dari Stasiun Tebet menuju kawasan CBD.

Gambar 30. Peta rute bus listrik Transjakarta



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.

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 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.

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.

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 Transjakarta⁴¹. Untuk pengadaan bus, operator mendapatkan pinjaman dari bank komersial lokal dengan rasio utang terhadap ekuitas 65:35 dan tingkat bunga 12,5%⁴².

⁴¹ Transjakarta Annual Report, 2018 – 2021. ITDP Analysis.

⁴² Preliminary Market Consultation with Bank Mandiri. August 2022

Gambar 31. Fasilitas pengisian daya Transjakarta yang berada di depot milik operator



Pemantauan 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 program 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 mendandatangani kontrak. Dari perspektif OEM, kegiatan ini memiliki potensi untuk meningkatkan teknologi mereka agar sesuai dengan apa yang menjadi kebutuhan kota. Operator bus listrik dapat bekerja 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 dalam 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 34. Data primer yang diperlukan 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 - 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 pemeliharaan yang dipisahkan berdasarkan jenis kelamin, usia, dan status disabilitas. | | | | Setiap tahun | Operator |
| | Jumlah staf Transjakarta (termasuk staf pemeliharaan) yang berpartisipasi dalam pelatihan apa pun yang berasal dari implementasi bus listrik yang diselenggarakan oleh Transjakarta (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, kerjasama 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 kerjasama 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 didukung oleh TUMI E-bus Mission.

Tabel 35. Kewajiban operator terkait pemantauan dan evaluasi

| No | Pernyataan Kontrak | Status |
|----|--|---|
| 1 | Menyediakan peralatan dan sistem pemantauan yang terintegrasi dengan pusat komando Transjakarta. | Data dashboard dapat diperoleh dengan mengekstraksi data dari server 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: <ul style="list-style-type: none"> 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 real-time 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 real-time. | Lokasi dan status bus secara real-time dapat diperoleh dengan data dashboard dari server 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 total 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 ada 5814 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 36. Nilai rata-rata harian dari performa kendaraan

| Plat nomor 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) |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| MYS-22334 | 0.70 | 225.54 | 235.26 | 3.40 | 1.04 | 0.96 |
| MYS-22335 | 0.69 | 224.23 | 235.52 | 3.41 | 1.05 | 0.95 |
| MYS-22336 | 0.69 | 224.06 | 232.70 | 3.38 | 1.04 | 0.97 |
| MYS-22337 | 0.73 | 236.28 | 237.39 | 3.26 | 1.00 | 1.00 |
| MYS-22338 | 0.75 | 241.95 | 234.45 | 3.14 | 0.97 | 1.03 |

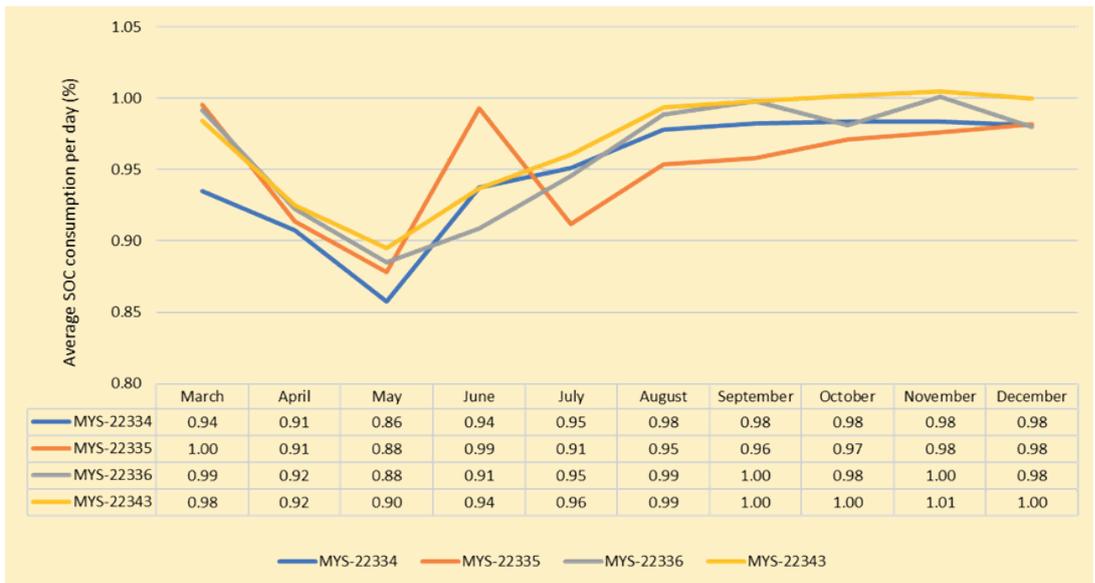
| Plat nomor bus listrik | SOC yang dikonsumsi (%) | kWh yang dikonsumsi (kWh) | Jarak yang ditempuh (km) | Jarak tempuh per SOC (km/SOC) | Jarak tempuh per kWh (km/kWh) | Konsumsi per km (kWh/km) |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| MYS-22339 | 0.73 | 236.22 | 231.42 | 3.19 | 0.98 | 1.02 |
| MYS-22340 | 0.67 | 217.99 | 235.09 | 3.50 | 1.08 | 0.93 |
| MYS-22341 | 0.72 | 232.58 | 233.84 | 3.27 | 1.00 | 1.00 |
| MYS-22342 | 0.74 | 240.52 | 238.57 | 3.24 | 1.00 | 1.01 |
| MYS-22343 | 0.71 | 228.58 | 234.13 | 3.34 | 1.02 | 0.98 |
| MYS-22344 | 0.74 | 238.49 | 235.04 | 3.20 | 0.98 | 1.02 |
| MYS-22345 | 0.71 | 230.95 | 235.05 | 3.31 | 1.02 | 0.98 |
| MYS-22346 | 0.72 | 232.57 | 236.49 | 3.31 | 1.02 | 0.98 |
| MYS-22347 | 0.72 | 231.67 | 233.47 | 3.27 | 1.01 | 0.99 |
| MYS-22348 | 0.72 | 232.26 | 234.77 | 3.29 | 1.01 | 0.99 |
| MYS-22349 | 0.68 | 221.91 | 239.82 | 3.51 | 1.08 | 0.93 |
| MYS-22350 | 0.72 | 232.26 | 237.77 | 3.33 | 1.02 | 0.98 |
| MYS-22351 | 0.73 | 235.06 | 232.10 | 3.21 | 0.98 | 1.01 |
| MYS-22352 | 0.75 | 243.71 | 231.53 | 3.09 | 0.95 | 1.06 |
| MYS-22353 | 0.69 | 223.14 | 232.97 | 3.39 | 1.04 | 0.96 |
| MYS-22354 | 0.71 | 228.63 | 231.95 | 3.30 | 1.02 | 0.99 |
| MYS-22355 | 0.71 | 231.02 | 236.24 | 3.32 | 1.02 | 0.98 |
| MYS-22356 | 0.70 | 227.48 | 235.24 | 3.36 | 1.03 | 0.97 |
| MYS-22357 | 0.71 | 231.29 | 233.81 | 3.28 | 1.00 | 0.99 |
| MYS-22358 | 0.73 | 238.00 | 228.98 | 3.13 | 0.97 | 1.04 |
| MYS-22359 | 0.74 | 238.89 | 233.95 | 3.19 | 0.98 | 1.02 |
| MYS-22360 | 0.71 | 229.90 | 233.56 | 3.30 | 1.01 | 0.99 |
| MYS-22361 | 0.66 | 214.57 | 237.21 | 3.60 | 1.10 | 0.91 |
| MYS-22362 | 0.71 | 231.52 | 234.43 | 3.29 | 1.01 | 0.99 |
| MYS-22363 | 0.71 | 229.54 | 232.57 | 3.30 | 1.02 | 0.99 |
| Rata-rata | 0.71 | 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 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 masing-masing kendaraan.

Gambar 32. Efisiensi energi (kWh/km) semua bus



Gambar 33. Konsumsi energi per km perjalanan (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 musiman, 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 harus disusun untuk mengatasi masalah dan mengoptimalkan seluruh pengoperasian tahap pilot bus listrik yang dikelola oleh Transjakarta. Kami mengusulkan beberapa rekomendasi untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya, 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 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 digaris bawahi untuk mempercepat elektrifikasi di kota-kota di Indonesia:

- 1. Dukungan kebijakan adalah konsekuensial.**

Banyak kota-kota di dunia, seperti Shenzhen, 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. Misalnya, India memiliki prioritas yang jelas untuk elektrifikasi secara nasional melalui tahapan FAME (Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid &) Electric Vehicles)
- 2. Setiap kota memiliki tingkat kondisi transportasi publik yang berbeda-beda.**

Tidak semua praktik terbaik dapat direplikasi ke satu kota atau lainnya. Identifikasi 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 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 & 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 terkait dengan operator. Operator tidak perlu memiliki aset. Ini juga akan mendistribusikan risiko keuangan dan operasional untuk elektrifikasi.
- 5. Memperpanjang durasi kontrak bus listrik.**

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 knalpot seiring bertambahnya usia armada, kelayakan jalan bisa menjadi satu-satunya persyaratan untuk mengoperasikan bus listrik.
- 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.
- 7. Mengadopsi energi terbarukan untuk pengisian daya.**

Meskipun integrasi energi terbarukan, seperti solar PV, membutuhkan biaya investasi tambahan yang lebih tinggi, hal itu berpotensi mengurangi TCO elektrifikasi dalam jangka panjang. Integrasi energi terbarukan juga akan meminimalkan emisi *well-to-wheel* dari pembangkit listrik.

- 1. 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.
- 2. 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.
- 3. 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).
- 4. Elektrifikasi antar departemen memberdayakan kelompok di semua tingkatan.**
Elektrifikasi bus merupakan upaya antar departemen dan rawan terjadi miskordinasi. Diperlukan kelompok pemberdayaan elektrifikasi antar departemen, seperti gugus tugas e-mobilitas, untuk menangani dan mengkoordinasikan isu-isu strategis ketenagalistrikan.

LAMPIRAN 1. REKOMENDASI KEBIJAKAN DI TINGKAT NASIONAL DAN DAERAH

Tabel 37. Rekomendasi kebijakan untuk Pemerintah Indonesia

| Rekomendasi | Rincian | Pemangku Kepentingan |
|---|--|---|
| Mengumumkan peta jalan (<i>roadmap</i>) pengembangan transportasi publik dan swasta yang diselaraskan dengan rencana diversifikasi energi di sektor transportasi. | Kementerian Perhubungan Republik Indonesia harus segera mengatur peta jalan sektor transportasi yang mencakup target mereka pada elektrifikasi transportasi publik. | Kementerian Perhubungan (Kemenhub) Republik Indonesia |
| Koordinasi dalam membuat komitmen yang mengikat untuk mencapai target elektrifikasi. | Mendukung Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi (Kemenko Marves) sebagai kementerian koordinator implementasi Perpres 55/2019 dalam menggandeng kementerian terkait dan pemangku kepentingan lainnya untuk: <ul style="list-style-type: none"> Menetapkan platform dan menyiapkan dialog kebijakan. Kontribusi untuk dialog politik dan kebijakan. Memfasilitasi penyiapan pengumpulan pembiayaan. | Kemenko Marves, Kementerian Keuangan (Kemenkeu), Kemenhub, Kementerian Perindustrian (Kemenperin), Kementerian Dalam Negeri (Kemendagri), Kementerian ESDM, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) |
| Pembuatan dashboard . | Membuat <i>database</i> dan <i>dashboard</i> nasional untuk menunjukkan kemajuan dalam elektrifikasi, jumlah kendaraan dari setiap kategori berlistrik, penghematan bahan bakar fosil, emisi GRK dihindari, stasiun pengisian dibuat untuk setiap daerah, provinsi dan kota dan memfasilitasi berprestasi tinggi untuk memberikan insentif dan dorongan yang lebih besar. | Kemenko Marves dengan dukungan Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) dan Kemenhub, Kementerian ESDM, KLHK |
| Memperkuat dan mempercepat penyediaan infrastruktur pengisian daya . | Harus ada insentif fiskal untuk membangun infrastruktur pengisian daya publik serta stasiun pengisian daya untuk transportasi publik karena instalasi awal kemungkinan akan menelan biaya lebih tinggi dan pendapatan selama tahun-tahun awal akan rendah karena hanya sedikit kendaraan listrik yang digunakan. Manfaat finansial tambahan seperti moratorium pembayaran dan subsidi bunga dari Pemerintah Indonesia akan memastikan operator pengisian daya tidak kekurangan uang di tahun-tahun awal. Untuk mempercepat penyediaan infrastruktur pengisian publik di seluruh negeri, Kementerian ESDM harus merevisi Peraturan Menteri No. 13/2020 tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Kendaraan Listrik Berbaterai dan mengizinkan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) untuk membangun infrastruktur pengisian daya di provinsi masing-masing. | Kemenkeu, Kementerian ESDM, PLN, Otoritas Jasa Keuangan (OJK) |

| Rekomendasi | Rincian | Pemangku Kepentingan |
|---|---|--|
| <p>Tingkatkan kesadaran untuk mendukung penggunaan kendaraan listrik.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Mendokumentasikan praktik terbaik uji coba bus listrik. • Menetapkan mandat untuk pengadaan kendaraan listrik pada transportasi publik. • Menyusun panduan pengadaan transportasi publik. • Ciptakan lingkungan operasional preferensial untuk bus listrik. • Mendukung skema “beli-layanan” (BTS) Kementerian Perhubungan untuk bus listrik. • Membuat kasus untuk mendorong elektrifikasi armada transportasi publik dengan solusi keuangan yang layak. • Buat kasus untuk mengelektifikasi <i>Intermediate Public Transport</i> (IPT) dan konektivitas jarak tempuh terakhir. • Merancang model bisnis yang inovatif. | <p>Kemenko Marves, Kemenhub, Kemenperin, Pemerintah Daerah</p> |
| <p>Menetapkan program pilot di kota-kota dan mereplikasi kasus sukses ke kota-kota lain.</p> | <p>Berkolaborasi dengan kota-kota dengan minat terhadap elektrifikasi yang tinggi untuk mengembangkan seperti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membuat/meningkatkan penghargaan dan pengakuan untuk kepemimpinan dalam mempromosikan kendaraan listrik. • Pengembangan buku panduan kendaraan listrik untuk kota-kota. • Penerapan zona emisi rendah dan pengisian kemacetan sebagai sarana untuk mempromosikan penggunaan kendaraan listrik. • Melibatkan sektor swasta untuk mendukung program pilot. • Mempromosikan pembelajaran antar kota. | <p>Kemenhub, Kemendagri, Pemerintah Daerah</p> |
| <p>Memobilisasi dana melalui Inisiatif Corporate Social Responsibility (CSR).</p> | <p>Perusahaan yang memperoleh armada kendaraan listrik, menyiapkan infrastruktur pengisian daya pribadi/publik, dan memberikan bantuan keuangan kepada karyawan untuk membeli kendaraan listrik, dll. harus memenuhi syarat berdasarkan persyaratan CSR.</p> | <p>Kemenko Marves, Kementerian Badan Usaha Milik Negara (BUMN), Kementerian Sosial (Kemensos), Pemerintah Daerah</p> |
| <p>Norma lingkungan yang lebih ketat untuk ICEV.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Bahan bakar fosil serta ICEV baru harus dibuat agar sesuai dengan norma EURO VI sedini mungkin. • Kendaraan yang ada yang mematuhi norma lama (EURO I-IV) harus dihapus dengan memberikan insentif finansial untuk penggantian dengan kendaraan listrik (kebijakan <i>scraping</i>). | <p>KLHK, Kemenhub, Kemenkeu</p> |
| <p>Memprioritaskan insentif untuk transportasi publik listrik.</p> | <p>Insentif untuk mengoperasikan kendaraan listrik di transportasi publik harus diberikan kepada penyedia transportasi publik. Mengingat manfaat lingkungan dan sosialnya, pemerintah harus memprioritaskan insentif elektrifikasi transportasi publik daripada kendaraan pribadi. Insentif tersebut dapat berupa biaya kendaraan listrik tetap yang dioperasikan sebesar Rp/km dan secara bertahap dihapuskan seiring berkurangnya biaya pengoperasian kendaraan listrik.</p> | <p>Kemenhub (untuk operator PT yang dikontrak Kemenhub), Pemda</p> |
| <p>Standar teknis armada transportasi publik listrik.</p> | <p>Perubahan atau fleksibilitas yang diperlukan terkait dimensi dan berat armada transportasi publik untuk mengakomodasi model kendaraan listrik yang tersedia.</p> | <p>Kemenhub</p> |

ke transportasi publik yang menggunakan kendaraan listrik.

| | | |
|---|---|------------------------------------|
| Pajak Karbon. | Meskipun ada kerangka kebijakan untuk memungut pajak karbon, kebijakan dalam hal ini perlu dirumuskan, terutama untuk elektrifikasi transportasi publik. Setiap hasil dari pajak tersebut harus digunakan untuk energi dan kendaraan listrik yang lebih bersih. | Kemenkeu |
| Integrasi energi terbarukan. | Kendaraan listrik yang menggunakan energi terbarukan menciptakan manfaat lingkungan yang maksimal. Pemilik armada kendaraan listrik harus diberi mandat untuk berinvestasi di pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap dan atau sebagai alternatif membeli energi terbarukan dari PLN dengan membayar premi yang kemudian dapat digunakan untuk mendirikan lebih banyak pembangkit energi terbarukan. Program pendanaan dapat dibuat untuk pemasangan panel surya di depo bus/kolam/parkir/lay-bay area/terminal dengan PLN sebagai fasilitator/pembeli. | Kementerian ESDM, Kementerian BUMN |
| Meningkatkan produksi kendaraan listrik. | Produsen ICEV yang ada harus didorong untuk menyiapkan fasilitas produksi untuk model kendaraan listrik juga melalui dukungan investasi, insentif fiskal, membatasi manfaat fiskal untuk manufaktur ICEV, mengalokasikan kuota untuk memproduksi ICEV berdasarkan jumlah kendaraan listrik yang terjual, dll. | Kemenperin, Kemenkeu |
| Tarif kendaraan listrik. | PLN yang menyediakan listrik bersubsidi akan menghambat kemampuannya untuk meningkatkan fasilitas pembangkit, transmisi dan distribusi listrik yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik tambahan untuk pengisian kendaraan listrik. Oleh karena itu, penetapan harga listrik untuk pengisian kendaraan listrik harus dilakukan berdasarkan kemampuan dan setiap subsidi harus dihitung dan ditanggung oleh Pemerintah. Selain itu, energi yang dipasok untuk pengisian kendaraan listrik harus ditargetkan 100% ramah lingkungan dan biaya tambahan yang diperlukan, jika ada, harus dimasukkan ke dalam tarif kendaraan listrik. | Kementerian ESDM |
| Faktor emisi yang andal. | Analisis manfaat-biaya lingkungan dari elektrifikasi menghadapi rintangan karena kurangnya data yang andal dan terkini tentang emisi PM2.5, SOx, dan NOx dari pembangkit listrik dan jaringan jaringan di Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral harus menerapkan langkah-langkah yang memadai dan bijaksana untuk mengukur faktor emisi terbaru yang tepat dan mengendalikan tingkat emisi dari pembangkit listrik untuk menangkal efek negatif dari peningkatan produksi listrik untuk pengisian kendaraan listrik | KLHK, Kementerian ESDM |

Rekomendasi Kebijakan Untuk Pemerintah Daerah

Tabel 38. Rekomendasi kebijakan untuk Pemerintah Daerah

| Rekomendasi | Rincian | Pemangku Kepentingan |
|---|---|--|
| Target dan peta jalan (roadmap) elektrifikasi transportasi publik. | <p>Pemerintah Daerah perlu memiliki peta jalan dan mandat yang jelas untuk elektrifikasi armada transportasi publik dan menuangkannya ke dalam peraturan. Ini akan membantu pihak berwenang/operator mengadakan kontrak pengadaan massal selama beberapa tahun dengan produsen dan menyiapkan infrastruktur pengisian daya yang sesuai. Ini juga akan memperkuat komitmen di bawah peraturan yang mengikat dan mengamankan anggaran yang dibutuhkan dari pemerintah.</p> <p><i>Informasi terbaru:</i> Pemerintah Provinsi DKI Jakarta mengeluarkan Keputusan Gubernur Nomor 1053 Tahun 2022 tentang Pedoman Program Percepatan Penggunaan Kendaraan Listrik Baterai Di Bawah Pelayanan Angkutan Transjakarta. Melalui ketetapan itu, pemerintah menargetkan tercapainya elektrifikasi Transjakarta masing-masing 50% dan 100% pada 2027 dan 2030.</p> | Gubernur Provinsi/Wali Kota, Dinas Perhubungan, Badan Perencanaan Daerah |
| Regulasi/Kebijakan. | <p>Tinjauan menyeluruh terhadap kebijakan transportasi publik yang dibentuk dengan mempertimbangkan model kontrak ICEV saat ini, sehingga diperlukan beberapa perubahan berikut perlu dimasukkan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Batasan usia armada transportasi publik: Kendaraan listrik harus diizinkan untuk dioperasikan tanpa batasan usia kendaraan selama kendaraan tersebut tetap layak jalan dan aman untuk dioperasikan. 2. Otoritas transportasi publik harus diizinkan untuk menandatangani kontrak dengan durasi yang lebih lama dari 10 tahun untuk pemulihan investasi tambahan yang dilakukan pada bus listrik, depo, depo, infrastruktur pengisian daya, dll. 3. Kepemilikan armada oleh pihak ketiga termasuk mekanisme keamanan pembayaran, perlindungan investasi jika terjadi penghentian, pengalihan kendaraan ke operator lain, dll. | Gubernur, Dinas Perhubungan |
| Dukungan Pembiayaan. | <p>Subsidi modal di muka untuk mendanai sebagian dari biaya bus listrik dan infrastruktur pengisian daya atau sebagai alternatif, subsidi operasional yang telah disetujui sebelumnya melalui anggaran daerah. Sebagai alternatif, program subsidi bunga untuk mendanai sebagian dari pembayaran bunga/pokok kepada perbankan nasional.</p> | Gubernur/Wali Kota, Dinas Perhubungan, Biro Perencanaan dan Keuangan |
| Menghapus ICEV secara bertahap. | <p>Peta jalan yang jelas untuk menghapus ICEV secara bertahap yang diproduksi dengan standar lama (hingga EURO IV) juga diperlukan, selain persyaratan untuk hanya membeli kendaraan listrik dalam rangka penambahan armada dan penggantian armada secara bertahap meningkat menjadi 100% pada tahun 2030 oleh operator/otoritas transportasi publik.</p> | Gubernur, Dinas Perhubungan |

| Rekomendasi | Rincian | Pemangku Kepentingan |
|---|---|---|
| Zona Rendah/Tanpa Emisi (LEZ/ZEZ). | Mendeklarasikan ruang tertentu dari kota atau rute bus yang dapat dilewati oleh kendaraan listrik saja dan secara bertahap meningkatkan jangkauan ke seluruh kota pada tahun tertentu. Ini juga akan membuat operator enggan membeli ICEV. | Gubernur, Dinas Perhubungan, Badan Lingkungan Hidup, Biro Perekonomian dan Keuangan, Badan Perencanaan Daerah |
| Infrastruktur Pengisian Daya. | Pemerintah Daerah perlu mengambil langkah-langkah mendesak dan pasti untuk mewujudkan pengisian infrastruktur transportasi publik. Pemerintah harus menyediakan lahan publik di lokasi strategis untuk mendirikan stasiun pengisian daya tanpa biaya atau biaya nominal. Ketersediaan jaringan pengisian daya akan berpeluang membantu meningkatkan jangkauan operasi harian bus listrik dan mengurangi beban subsidi PSO. | Gubernur, Dinas Perhubungan, Biro Perekonomian dan Keuangan, Badan Pengelola Aset Daerah |
| Pembentukan kelompok berdaya antar departemen. | Penciptaan kelompok teknis antardepartemen tingkat tinggi untuk memahami dan mengatasi masalah yang timbul dari pelaksanaan proyek elektrifikasi dan melihat semua peraturan dan teknis termasuk spesifikasi bus listrik, struktur kontrak, pembiayaan, infrastruktur pengisian daya, ketersediaan jaringan dan energi terbarukan, dll. akan sangat membantu dalam mempercepat konversi armada transportasi publik ke listrik. Namun, peran dan tanggung jawab masing-masing pemangku kepentingan kelompok yang diusulkan harus sesuai dengan Instruksi Gubernur No. 66 Tahun 2019 tentang Pengendalian Kualitas Udara dan selanjutnya Keputusan Gubernur 1053 Tahun 2022 tentang Pedoman Percepatan Program Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Dalam Layanan Angkutan Transjakarta. | Gubernur/Wali Kota |

LAMPIRAN 2. FORMULIR PEMANTAUAN DAN EVALUASI

Gambar 34. Contoh form pendataan operasional bus listrik

| Pengumpulan data operasional e-bus | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Rute bus: | | Tipe bus: | | | Lokasi berangkat: | | | Lokasi akhir: | | | | | |
| No. plat bus: | | | | Lokasi depo: | | | | | | | | | |
| Tanggal: | | | | | | | | | | | | | |
| Cuaca dan suhu: | | | | | | | | | | | | | |
| Note: Pengisian daya termasuk pengisian saat siang hari dan malam hari | | | | | | | | | | | | | |
| Trip | Asal (nama stasiun) | Tujuan (nama stasiun) | Awal Trip | | | Akhir Trip | | | Pengisian Daya | | | | |
| | | | Waktu (cth. 9.30) | Jarak tempuh (dalam KM) | Tingkat Daya (dalam %) | Waktu (cth. 9.30) | Jarak (dalam KM) | Tingkat Daya (dalam %) | Waktu Mulai (cth. 9.30) | Tingkat Daya Awal (dalam %) | Waktu Selesai (cth. 14.00) | Tingkat Daya Akhir (dalam %) | Daya Terisi (dalam KWh) |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | |

Gambar 35. Contoh formulir pengumpulan data peristiwa gangguan pada bus listrik

| Kejadian kegagalan/malfungsi | | | | | | | |
|------------------------------|--------------|----------|---------|-------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| No. | No. plat bus | No. Rute | Tanggal | Waktu mulai (cth. 9.30) | Durasi (dalam jam) | Deskripsi kegagalan | Durasi tindakan (dalam jam) |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |

Gambar 36. Contoh formulir pengumpulan data peristiwa gangguan pada infrastruktur pengisian daya

| Kejadian kegagalan/malfungsi | | | | | | | | |
|------------------------------|------------|-----------------------|---------|-------------------------|--------------------|---------------|---------------------|-----------------------------|
| No. | Nama depot | No. stasiun pengisian | Tanggal | Waktu mulai (cth. 9.30) | Durasi (dalam jam) | Kondisi cuaca | Deskripsi kegagalan | Durasi tindakan (dalam jam) |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |

Gambar 37. Formulir survei kepuasan penumpang

| SURVEI KEPUASAN PELANGGAN BUS LISTRIK | | |
|--|--|--|
| INFORMASI UMUM | NOMOR FORM SURVEI | |
| | NAMA SURVEYOR | |
| | TANGGAL DAN HARI SURVEI | |
| | RUTE | |
| PROFIL RESPONDEN | Usia Responden saat ini | |
| | Jenis kelamin Responden | <input type="radio"/> Laki - Laki <input type="radio"/> Perempuan |
| | Apakah Responden merupakan penyandang disabilitas? Jika Iya, tolong sebutkan | <input type="radio"/> Ya, <input type="radio"/> Tidak |
| Petunjuk pengisian: Mohon berikan tingkat kepuasan anda terhadap kinerja bus listrik yang anda gunakan. | | |
| DATA KEPUASAN PELANGGAN | Suasana dan fasilitas di dalam bus listrik (kebersihan, temperatur AC, tombol stop, dan port USB) | <input type="radio"/> Sangat puas |
| | | <input type="radio"/> Puas |
| | | <input type="radio"/> Cukup Puas |
| | | <input type="radio"/> Kurang Puas |
| | | <input type="radio"/> Tidak Puas |
| | Tingkat kebisingan bus | <input type="radio"/> Sangat puas |
| | | <input type="radio"/> Puas |
| | | <input type="radio"/> Cukup Puas |
| | | <input type="radio"/> Kurang Puas |
| | | <input type="radio"/> Tidak Puas |
| | Kenyamanan (kehalusan berkendara dan terbebas dari sentakan) | <input type="radio"/> Sangat puas |
| | | <input type="radio"/> Puas |
| | | <input type="radio"/> Cukup Puas |
| | | <input type="radio"/> Kurang Puas |
| | | <input type="radio"/> Tidak Puas |
| | Kepuasan secara menyeluruh terhadap perjalan Anda dengan menggunakan bus listrik | <input type="radio"/> Sangat puas |
| | | <input type="radio"/> Puas |
| | | <input type="radio"/> Cukup Puas |
| | | <input type="radio"/> Kurang Puas |
| | | <input type="radio"/> Tidak Puas |
| Aspek dari bus listrik ini yang kinerjanya dapat ditingkatkan lebih lanjut | | |

Gambar 38. Formulir survei penilaian kebutuhan pelatihan

| Profil Narasumber | |
|--|--|
| Pewawancara | |
| Tanggal Wawancara | |
| Nama Narasumber | |
| Nama Perusahaan dan Jabatan Narasumber | |
| No. Telp Narasumber | |
| E-mail Narasumber | |

Bagian 0

Apa peran Anda selama proses pengimplementasian (Pilot) e-bus berlangsung?

| |
|--|
| |
|--|

Bagian 1

Apa tantangan utama yang dihadapi dalam penerapan e-bus?

| | |
|--------------------------------------|--|
| Bagi organisasi atau departemen Anda | |
| Bagi Transjakarta | |

Bagian 2

Berikan nilai Tingkat kepentingan dari setiap "skill atribut" bagi departemen/jabatan Anda pada skala 0 - 5 dengan 'nilai 0 yang berarti Sangat Tidak Penting' dan 'nilai 5 yang berarti Sangat Penting'

Silakan pilih salah satu opsi diantara Rendah, Sedang, dan Tinggi berdasarkan penilaian terhadap kemampuan Transjakarta yang Anda lihat

Petunjuk pengisian:

Jika skill dinilai **tinggi**, maka Transjakarta dapat sepenuhnya memahami dan memenuhi persyaratan dalam seluruh kasus

Jika skill dinilai **sedang**, maka Transjakarta dapat memahami **sebagian** persyaratan dan dapat memenuhi persyaratan pada lebih dari 50% kasus (misalnya, untuk skill perencanaan pengisian daya, kemungkinan e-bus untuk dapat diisi dengan daya yang dibutuhkan secara tepat waktu adalah lebih dari 50%)

Jika skill dinilai **rendah**, maka Transjakarta **hampir tidak** dapat memahami persyaratan dan dapat memenuhi persyaratan pada kurang dari 50% kasus

| Spesifikasi Desain Teknis | Nilai Kepentingan | Skill | | |
|--|---|--------|--------|--------|
| | | Rendah | Sedang | Tinggi |
| Kebutuhan daya | Keseluruhan proses dalam memperkirakan kebutuhan daya e-bus | | | |
| Kebutuhan jangkauan jarak | Keseluruhan proses dalam memperkirakan jangkauan jarak e-bus | | | |
| Pemilihan baterai dan kapasitasnya | Keseluruhan proses dalam memilih tipe baterai dan karakteristik kinerja (termasuk kepadatan energi, tingkat pengisian/pengosongan, siklus akhir masa pakai, bahaya keselamatan kerja, dsb) Keseluruhan proses dalam memilih model pengoperasian baterai untuk e-bus (termasuk pengisian daya baterai secara cepat (fast charging) dan secara lambat (slow charging), serta penggantian baterai) | | | |
| Pengisian daya serta pemilihan dan pengukuran sistem tegangan listrik tinggi | Keseluruhan proses dalam memilih model pengisian dan kebutuhan infrastruktur pengisian daya (termasuk pengisian daya semalam (overnight charging), pengisian daya di depot (depot charging), opportunity charging) | | | |
| Kebutuhan infrastruktur depot dan terminal | Keseluruhan proses dalam memperkirakan kebutuhan depot dan terminal (termasuk jumlah pengisi daya, luas lahan, serta desain dan perencanaan yang tangguh) | | | |
| Spesifikasi suku cadang | Keseluruhan proses dalam memperkirakan kebutuhan suku cadang | | | |
| Spesifikasi ITMS (Integrated Transportation Management System) | Keseluruhan proses dalam memperkirakan kebutuhan sistem manajemen transportasi yang terintegrasi | | | |
| Pengadaan | | | | |
| Spesifikasi pembelian e-bus | Menentukan bus listrik beserta model bisnis, spesifikasi, dan rencana operasional | | | |
| Dokumentasi kontrak dan kinerja | Detail perjanjian SPM (Standard Pelayanan Minimal), berkaitan dengan insentif dan disinsentif | | | |
| Penyimpanan dan pembelian | Menentukan parameter jaminan kualitas dan standarnya, serta inventarisasi suku cadang Penyediaan layanan pengguna, perbaikan, manual suku cadang, dan pelatihan yang diperlukan untuk pegawai Transjakarta | | | |
| Operasional | | | | |
| Perencanaan jaringan rute e-bus dan pengoperasiannya | Merencanakan operasional armada e-bus, pengisian daya, penjadwalan, pemeliharaan, parkir, dan pemantauan yang tersinkronisasi dengan armada bus diesel yang ada saat ini | | | |
| Pengemudi e-bus | Perilaku mengemudi berdampak pada konsumsi energi dan pengurangan/peningkatan tingkat jangkauan; bahaya operasional, tindakan keselamatan dan pencegahan, prosedur penanganan darurat | | | |
| Pemantauan, ITMS (Integrated Transportation Management System) & MIS (Management Information System) | Sistem ITMS untuk armada dan pengisian daya e-bus, serta integrasinya dengan sistem IT yang sudah ada; Pengumpulan dan penyimpanan titik data (melalui ITMS dan manual) untuk armada e-bus dan operasional pengisian daya; Analisis dan produksi laporan standar MIS; Audit ketidaksesuaian dan mendorong koordinasi serta resolusi untuk kelancaran operasional | | | |
| Perbaikan dan Pemeliharaan | | | | |
| Pengisian daya e-bus | | | | |
| Pencegahan, pemeliharaan, kerusakan, perbaikan, dan turun mesin | | | | |
| Baterai dan BMS (Battery Management System) | | | | |
| Sistem manajemen termal baterai | | | | |
| Elektronik, sensor, kabel sekering, dan lain sebagainya | | | | |
| AC (Air Conditioner) | | | | |
| Pemantauan dan Pengendalian | | | | |
| ITMS (Integrated Transportation Management System) & MIS (Management Information System) | Mengumpulkan data dan menganalisis seluruh tingkatan (termasuk penggunaan elektronik, baterai, sistem pengisian daya, dsb.) dengan mengacu pada kinerja fisik dan finansial, efisiensi energi, keselamatan, kualitas pelayanan, SPM dan penegakkan kontrak, serta sistem pemantauan kinerja penyedia jasa angkutan umum secara keseluruhan) | | | |
| Memotong dan mendaur ulang (Scrapping and Recycling) | | | | |
| Penentuan dan pelacakan akhir masa pakai (End-of-Life) | Memahami dan menentukan akhir masa pakai untuk bus elektrik dan sub-sistem yang berbeda (untuk melakukan penggantian yang tepat waktu), perencanaan inventarisasi terkait dan akuntansi penyusutan aset untuk mencapai TCO (Total Cost of Ownership) yang tepat; Pembuangan baterai melalui badan yang bersertifikasi guna menghindari bahaya lingkungan, serta mengambil nilai ekonomi dalam sisa masa pakainya melalui penggunaan kembali (reuse) dan/atau daur ulang (recycling) | | | |

Bagian 3

Perubahan apa yang diharapkan pada sumber daya manusia di Transjakarta akibat adanya penerapan e-bus?

Perubahan apa yang diharapkan pada proses di Transjakarta akibat adanya penerapan e-bus?

Perubahan apa yang diharapkan pada sistem di Transjakarta akibat adanya penerapan e-bus?

Bagian 4

Saran apa yang akan Anda berikan guna meningkatkan implementasi adopsi e-bus Transjakarta secara keseluruhan kepada pemangku kepentingan berikut?

| | |
|---|--|
| Untuk OEM (Biaya, Kinerja, Keselamatan, Ketepatan Waktu Pengiriman, Dukungan Pasca Penjualan, Jangkauan Operasional, dan Keandalan Operasional) | |
| Untuk Operator Swasta (Armada Bus/Manajemen Depot, Kontrak, Layanan, Integrasi) | |
| Untuk pemerintah (Daerah atau Nasional) | |

