

Redesain Ekosistem Truk Listrik Indonesia

Transisi menuju kendaraan listrik bukan sekadar pergantian mesin — melainkan perombakan total ekosistem logistik yang melibatkan manusia, teknologi, dan infrastruktur secara bersamaan.

VISI NET ZERO 2060

HUMAN-CENTERED DESIGN

Dr. Yannes Martinus Pasaribu, M.Sn
Institut Teknologi Bandung

Dipresentasikan pada



GIICOMVEC
GAIKINDO INDONESIA INTERNATIONAL COMMERCIAL VEHICLE EXPO

9 April 2026
JIExpo Kemayoran - Jakarta

Seminar Asosiasi Pengusaha Truk Indonesia GIICOMVEC 2026



Analisis Komparatif & Urgensi Adopsi

Dominasi Global China

China memimpin pasar dunia dengan pangsa truk berat listrik **22% pada awal 2025**, didukung rantai pasok baterai LFP dan infrastruktur penukaran baterai yang masif.

Paradoks Adopsi Indonesia

Potensi penghematan operasional via model **Battery-as-a-Service (BaaS)** diprediksi 52,9% namun adopsi domestik masih rendah akibat hambatan investasi awal yang tinggi.

Hambatan CAPEX

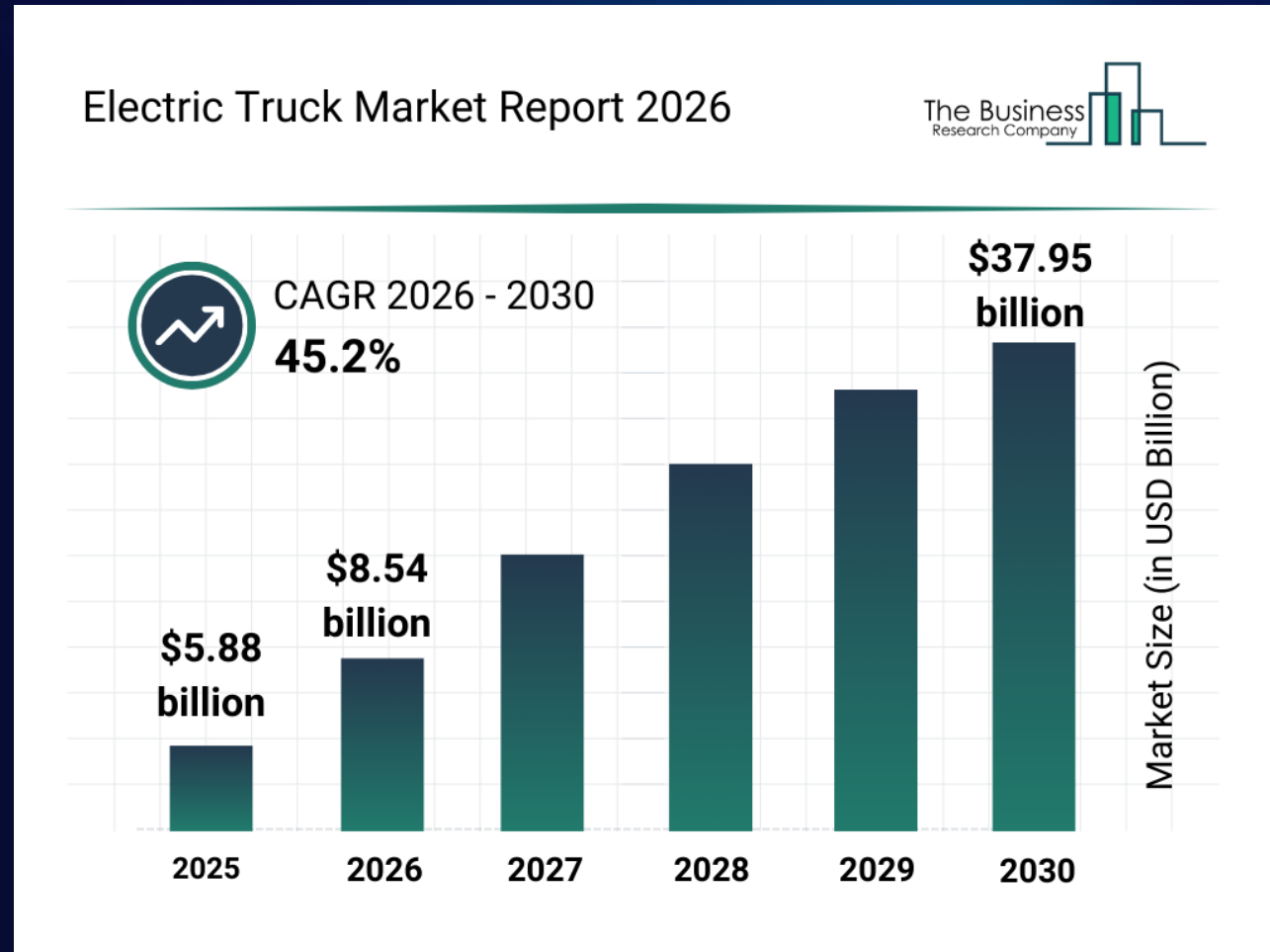
Investasi awal **Rp 1–2 miliar per unit** menjadi penghalang utama pengusaha logistik menengah.

Strategi Leapfrogging

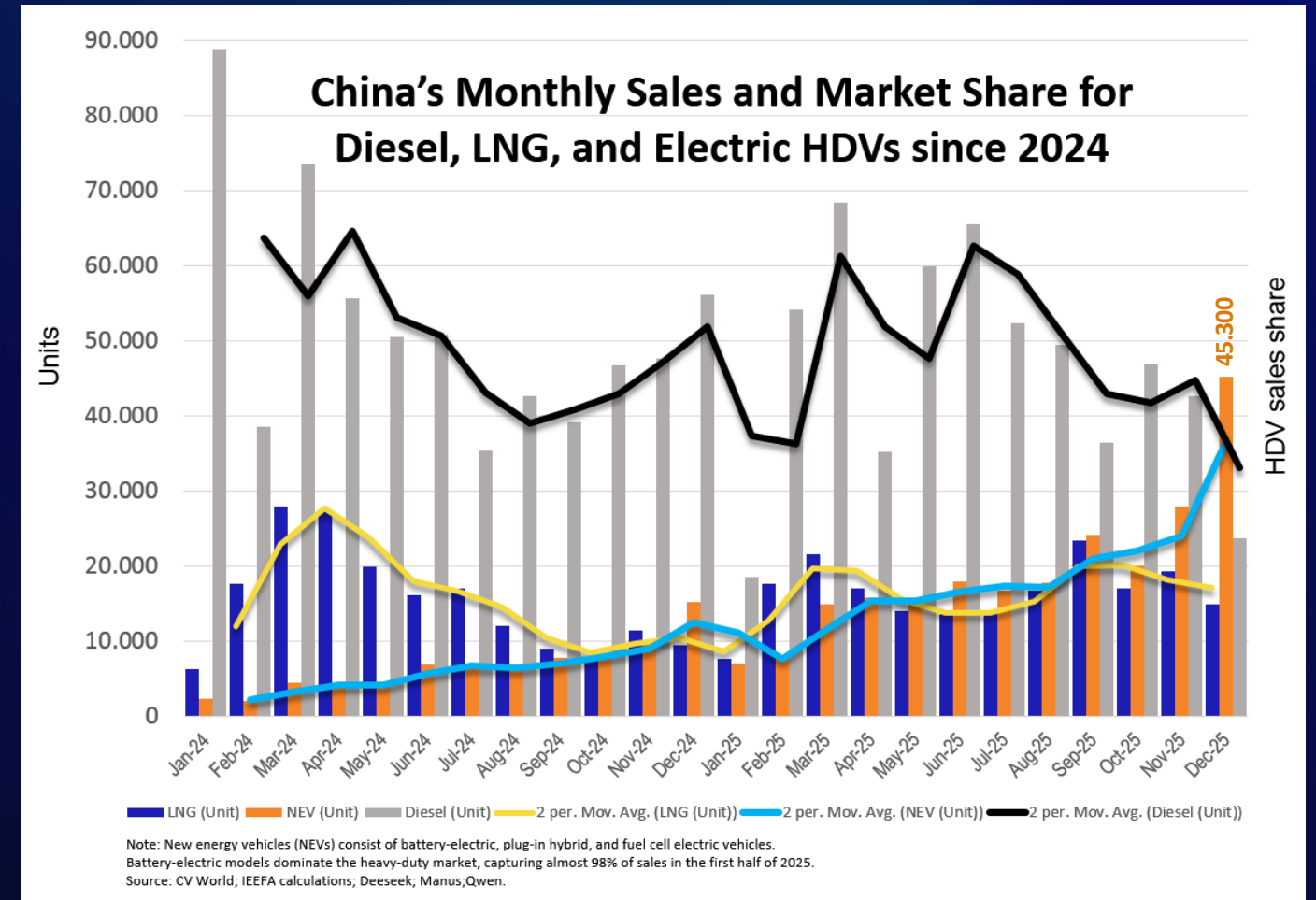
Indonesia perlu melompat ke model **pemisahan kepemilikan aset** kendaraan dan baterai untuk memitigasi risiko finansial.

Faktor Kritis Adopsi

Tren Pertumbuhan Truk Listrik



Pertumbuhan pasar truk listrik dunia sangat eksplosif (CAGR 45,2% dari 2026–2030). Market size naik ~6,5 kali lipat dalam 5 tahun. Truk listrik bukan lagi tren masa depan, melainkan sudah menjadi gelombang besar sekarang.



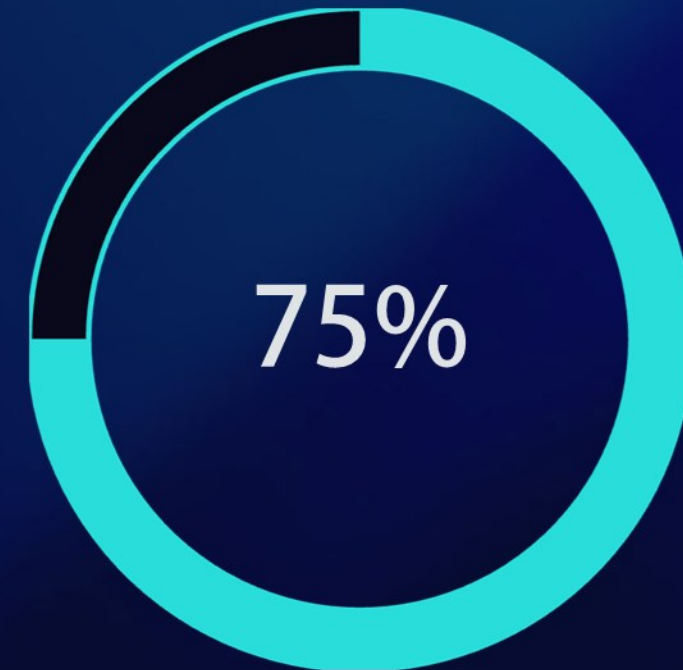
Desember 2025: 45.300 unit NEV heavy-duty yang terdaftar di China, menyumbang 54% dari total penjualan heavy-duty truck bulan itu — untuk pertama kalinya truk listrik/NEV mengalahkan truk diesel secara bulanan.

Psikologi Pengemudi & Literasi Teknologi



Kesenjangan Literasi

Pengemudi logistik belum memiliki pemahaman teknis dasar mengenai kendaraan listrik



Technology Anxiety

Pengemudi khawatir soal jangkauan jarak tempuh dan ketersediaan titik pengisian daya

Skeptisisme terhadap daya tahan truk listrik dibanding diesel konvensional masih tinggi. Strategi adopsi harus mengintegrasikan program pelatihan sosiokultural yang mengubah persepsi pengemudi: EV adalah alat kerja yang lebih **aman, suportif, dan efisien**.

Faktor Kritis Sosial

ODOL Bukan Masalah Moral, Melainkan Desain Sistem

MASALAH UTAMA

- Modifikasi ilegal kendaraan
- Muatan berlebih (tekanan biaya logistik)
- Pengawasan belum optimal

DAMPAK BESAR

- **Keselamatan** → kecelakaan, rem blong
- **Infrastruktur** → jalan cepat rusak
- **Ekonomi** → biaya tinggi & tidak fair

KENAPA BERBAHAYA?

- Beban sumbu tidak sesuai desain
- Stabilitas turun (rawan terguling)
Jarak pengereman makin panjang

ODOL = gejala sistem yang tidak efisien.

Jika ekosistem truk listrik tidak didesain ulang,
kita hanya akan menciptakan “ODOL Listrik”.



Truk Listrik Memang Lebih Berat

Tabel Estimasi Berat Baterai LFP Pack per Kategori Truk

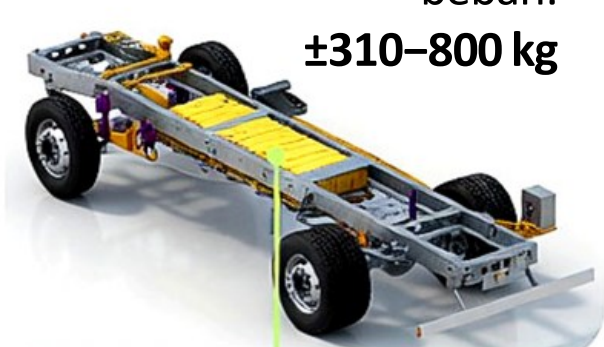
Kategori Kendaraan	Kisaran Kapasitas Baterai	Estimasi Berat Baterai LFP*
N1 (JBB s.d. 3.500 kg)	45–100 kWh	±310–800 kg
N2 (JBB >3.500–12.000 kg)	60–350 kWh	±414–2.800 kg
N3 (JBB >12.000 kg)	250–800 kWh	±1.724–6.400 kg

JBB (Jumlah Berat yang Diperbolehkan): Berat maksimum kendaraan beserta muatannya yang diperbolehkan berdasarkan rancangan teknis pabrikan.

TRUK RINGAN/SEDANG
TRUK HEAVY DUTY

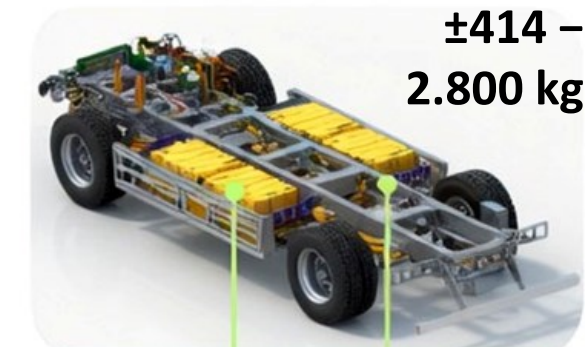
Penambahan beban kendaraan akibat baterai:

Penambahan beban: ±310–800 kg



Pemasangan Baterai di Bawah Sasis

Penambahan beban: ±414 – 2.800 kg



Pemasangan Baterai di Kedua Sisi Kendaraan

Penambahan beban: ±1.724–6.400 kg



Pemasangan Baterai di Belakang Kabin

Penambahan beban: ±1.724–6.400 kg



Pemasangan Baterai di Antara Kabin dan Bak Muatan

Tabel Klasifikasi Truk di Indonesia

Kelompok Klasifikasi	Dasar Hukum	Batas Berat (JBB/GVW)	Ketentuan Dimensi yang Relevan	Bentuk/Jenis Truk dalam Regulasi	Contoh Unit di Lapangan*
Mobil Barang (Umum)	PP 55/2012 Pasal 1, 3, & 5	Tidak ditetapkan satu angka tunggal	Ukuran bak harus menyesuaikan konfigurasi sumbu, JBB, JBI, dan spesifikasi tipe landasan. Wajib sesuai spesifikasi teknis dan daya angkut.	Meliputi mobil bak muatan terbuka, tertutup, tangki, dan mobil penarik.	Dump truck, flat deck, box, wing box, box freezer, tanker, tractor head.
Kategori N1	Penjelasan resmi PP 55/2012	s.d. 3.500 kg	Kendaraan barang beroda 4 atau lebih. Operasional JBI tetap mengikuti kelas jalan yang dilalui.	Kendaraan barang ringan; biasanya pickup bak/box atau double cabin.	Pickup bak terbuka, pickup box, double cabin berbak.
Kategori N2	Penjelasan resmi PP 55/2012	> 3.500 kg s.d. 12.000 kg	Lebar maks. 2.500 mm dan tinggi 4.200 mm. Ukuran bak harus sesuai tipe landasan, JBB, dan JBI.	Mobil bak terbuka/tertutup, tangki, atau penarik kelas menengah.	Truk engkel besar (CDE/CDD), box sedang, tangki sedang.
Kategori N3	Penjelasan resmi PP 55/2012	> 12.000 kg	Lebar maks. 2.500 mm dan tinggi 4.200 mm. Untuk kendaraan kombinasi, penentuan berat memakai JBKB/JBKI.	Mobil barang berat, termasuk mobil penarik untuk rangkaian gandengan/tempelan.	Truk bak besar (Tronton), truk tangki besar, tractor head untuk trailer.
Kereta Gandengan	PP 55/2012	Menggunakan konsep kombinasi berat (JBKB/JBKI)	Seluruh beban ditumpu oleh sarana itu sendiri dan ditarik oleh kendaraan bermotor.	Rangkaian mobil penarik + gandengan.	Tractor head + full trailer / gandengan barang umum.
Kereta Tempelan	PP 55/2012	Menggunakan konsep kombinasi berat (JBKB/JBKI)	Sebagian beban ditumpu oleh kendaraan penarik (semi-trailer).	Rangkaian mobil penarik + tempelan (semi-trailer).	Tractor head + semi-trailer peti kemas / trailer datar.

* Contoh unit di lapangan ditulis sebagai **contoh praktis**, bukan nama klasifikasi resmi dalam pasal.



Metode fast charging



Metode battery swapping

Perubahan Paradigma

Diesel vs Truk EV Battery Ownership vs Truk EV BaaS

- **EFISIENSI ENERGI:** Penggunaan penggerak listrik secara konsisten menunjukkan efisiensi biaya energi yang jauh lebih stabil dibandingkan fluktuasi harga bahan bakar fosil.
- **KEUNGGULAN MODEL BaaS:** Pemisahan kepemilikan baterai dari unit kendaraan (*Battery-as-a-Service*) terbukti secara signifikan menurunkan hambatan investasi awal (CapEx) bagi operator logistik.
- **DOWNTIME & UPTIME:** Metode *swapping* memungkinkan waktu perputaran armada yang setara dengan truk diesel (< 5 menit), sehingga tidak mengganggu produktivitas harian.

Catatan perhitungan:

- Energi diesel/thn = 120.000 km × 0,40 L/km × Rp 6.800 (Bio Solar) = Rp 120.000 km × 0,40 L/km × Rp 6.800 = Rp 3,264 miliar.
- Energi listrik/thn = 120.000 km × 1,5 kWh/km × Rp 1.115 = Rp 2,007 miliar.

Tabel Perhitungan TCO Lengkap (Proyeksi 10 Tahun)

Komponen TCO	Truk Diesel	Truk Listrik Non-BaaS (Ownership Penuh)	Truk Listrik BaaS + Swapping	Penghematan
CapEx (Harga Pembelian)	Rp1,800,000,000	Rp2,200,000,000	Rp850,000,000	BaaS hemat 52,8% biaya awal
Energi / Bahan Bakar	Rp3,264,000,000	Rp2,007,000,000	Rp0 (sudah incl di Subscription)	Listrik hemat 38,5% vs Biosolar
Maintenance & Repair	Rp1,200,000,000	Rp500,000,000	Rp500,000,000	Hemat 58,3% biaya perawatan
Biaya BaaS Subscription	Rp0	Rp0	Rp1,600,000,000	Termasuk layanan swap + energi
Total TCO 10 Tahun	Rp6,264,000,000	Rp4,707,000,000	Rp2,950,000,000	BaaS hemat 52,9% vs Diesel
Cost per km	Rp5,220	Rp3,923	Rp2,458	BaaS hemat Rp 2.762/km
Annual Savings vs Diesel	—	Rp155,700,000	Rp331,400,000	BaaS tetap paling efisien
Payback Period vs Diesel	—	2,57 tahun	Instan (Hari-1)	BaaS lebih murah sejak pembelian

Sumber utama: Benchmark CATL Qiji Energy (2025–2026), ICCT, IEEFA. Angka bervariasi tergantung rute (urban vs trunk line), tarif listrik, dan mileage. Truk dihitung untuk kelas Heavy Truck (16 - 50 ton). Asumsi 120.000KM/Tahun. Estimasi belum termasuk insentif pemerintah (subsidi TKDN atau Green Port) agar lebih konservatif. Jika ada subsidi, TCO BaaS akan semakin rendah.

Urgensi Transformasi

Lebih dari Sekadar Ganti Mesin

Mengintegrasikan Manusia, Teknologi, dan Infrastruktur menuju Logistik Net Zero 2060

Transformasi Socioteknikal

Transisi ICE ke EV mencakup perombakan total ekosistem logistik — interaksi kompleks antara manusia, teknologi, dan infrastruktur.

Pendekatan Human-Centered

Kegagalan adopsi EV sering dipicu pengabaian faktor manusia. Desain harus mencakup human factors, ergonomi dan kenyamanan operator sebagai ujung tombak operasional.

Sinkronisasi Multi-Sektor

Keberhasilan transisi menuju EV memerlukan integrasi kebijakan regulasi, kesiapan jaringan energi, dan kesiapan kognisi serta fisik para pengemudi di lapangan.

Transisi energi akan gagal jika hanya memindahkan masalah dari knalpot ke beban kerja pengemudi.

Solusi Terintegrasi

Framework Desain Ekosistem



Apek Human Factors & Ergonomi

Sinkronisasi desain interior kabin dengan data antropometri pengemudi Indonesia (rata-rata 165–170 cm) untuk jangkauan kontrol optimal dan minimalisasi kelelahan fisik.



Adaptasi Konteks Lokal

Sistem manajemen termal baterai yang tangguh terhadap suhu tropis ekstrem, kelembapan tinggi, dan infrastruktur jalan yang belum merata.



Optimalisasi HMI

Antarmuka pengguna yang meminimalisir beban kognitif — tampilan sisa daya dalam satuan kilometer, lebih intuitif dibanding persentase angka.

Standarisasi Nasional: Integrasi ketiga pilar ini ke dalam regulasi industri memastikan durabilitas kendaraan listrik dalam ekosistem logistik nasional yang kompleks.

Solusi Terintegrasi

Human Factors & Ergonomi

Menjamin Uptime melalui Kesejahteraan dan Keamanan Operator

Getaran & Massa Baterai

Baterai 2–6 ton pada truk N3 mengubah distribusi beban dan meningkatkan laju kelelahan otot pengemudi hingga **+/-40% lebih cepat** dibanding mesin konvensional.

a/d riset awal terbatas Pengukuran EMG otot punggung/leher ITB ; studi WBV internasional menunjukkan rentang 20–60%

Kesehatan Kerja Jangka Panjang

Paparan getaran tak teredam berisiko memicu gangguan saraf dan tulang belakang, menurunkan produktivitas dan meningkatkan absensi pengemudi.

Redesain Antropometri Lokal

Suspensi kabin dan kursi harus disesuaikan dengan profil fisik pengemudi Indonesia (**rata-rata 165–170 cm**) untuk jangkauan kontrol optimal.

Reskilling sebagai Investasi

Pelatihan Eco-Driving dan manajemen pengereman regeneratif melindungi kesehatan pengemudi sekaligus memperpanjang umur komponen kendaraan.



Solusi Terintegrasi

Adaptasi Konteks Lokal

Sinkronisasi Teknologi Global dengan Realitas Operasional Indonesia



Dilema ODOL & Tonase

Berat baterai LFP berisiko melanggar aturan muatan berlebih secara hukum meski volume muatan normal. Diperlukan standarisasi nasional di jembatan timbang.

Ketahanan Tropis

Sistem termal baterai harus optimal di tengah suhu tinggi, kelembapan ekstrem, dan kondisi jalan yang tidak selalu rata.

AVAS & Keselamatan

Hilangnya suara mesin diesel mengharuskan sistem peringatan pejalan kaki (AVAS) di area pergudangan padat.

Model BaaS & Swapping

Tukar baterai mencapai waktu perputaran armada **kurang dari 5 menit** — setara pengisian solar.

Solusi Terintegrasi

Optimalisasi Human-Machine Interface (HMI)

Reduksi Beban Kognitif melalui Antarmuka yang Intuitif



Desain Ramah Literasi

Indikator warna (hijau, kuning, merah) lebih efektif daripada angka teknis rumit untuk menjaga fokus pengemudi.



Visualisasi dalam Kilometer

Sisa energi ditampilkan dalam **Kilometer**, bukan persentase, agar pengemudi mudah memperhitungkan jarak ke tujuan atau titik swapping.



Reduksi Technology Anxiety

HMI berfungsi sebagai asisten navigasi cerdas — memberikan peringatan dini dan saran rute berdasarkan sisa daya.



Upskilling Digital

Pelatihan antarmuka digital dan aplikasi BaaS adalah investasi krusial untuk durabilitas aset dan kelancaran transisi teknologi operasional.

Sebuah Pilihan

Truk EV Baru vs Konversi

PILIH TRUK EV BARU (OEM) JIKA:

- 1. Rute Jarak Jauh/Antarkota (Jakarta-Surabaya, lintas provinsi) → butuh reliabilitas tinggi & garansi penuh.
- 2. Operasi 24/7 atau High-Uptime → sistem terintegrasi minim downtime, dukunganurna jual APM.
- 3. TCO Jangka Panjang Prioritas → model BaaS tekan CapEx, efisiensi energi 38,5%, payback tercepat.
- 4. Sasis Belum Ada/Kondisi Lama → tidak ada aset dasar untuk dikonversi.
- 5. Kepatuhan Regulasi & Legalitas → sudah lulus uji tipe, tidak ribet sertifikasi modifikasi.
- 6. Keselamatan & Ergonomi Pengemudi → sasis didesain untuk beban baterai, suspensi & kabin optimal.

PILIH KONVERSI (RETROFIT) JIKA:

- 1. Rute Pendek/Internal Tertutup (area pelabuhan, pabrik, gudang) → jarak tempuh terbatas, charging terkontrol.
- 2. Armada Diesel Masih Sangat Layak (usia <5 tahun, sasis kuat) → aset belum depresiasi penuh.
- 3. Anggaran CapEx Sangat Terbatas → tidak tertarik skema BaaS atau pembiayaan OEM.
- 4. Eksperimen/Pilot Project Internal → uji coba teknologi EV tanpa komitmen investasi besar.
- 5. Tim Teknis Internal Mumpuni → punya bengkel/kemampuan maintenance konversi sendiri.
- 6. Tidak Terikat Regulasi Ketat → operasi di area privat yang tidak mensyaratkan uji tipe publik.

Tabel Analisis Truk Listrik Baru (OEM) vs. Konversi

Aspek Evaluasi	Truk Listrik Baru (OEM)	Konversi (Retrofit Diesel-to-EV)
Investasi Awal (CapEx)	Rp 1,8 M – Rp 2,2 M (Unit utuh)	Rp 600 Jt – Rp 1 M (Hanya sistem penggerak)
Model Bisnis	Mendukung BaaS (CapEx turun ke Rp 850 Jt)	Kepemilikan penuh (Aset terikat pada sasis lama)
Integritas Sistem	Optimasi sasis untuk beban baterai 2–6 ton	Risiko payload penalty & fatigue sasis lama
Fitur Keselamatan	Pengereman AI & Pemeliharaan Prediktif	Standar keselamatan tergantung kualitas bengkel
Garansi & Support	Jaminan penuh APM & jaringan servis resmi	Garansi terbatas pada komponen elektrikal saja
Legalitas (SUT)	Sertifikasi uji tipe pabrikan (Langsung jalan)	Harus melalui proses uji tipe perubahan individu



Truk EV Baru



Truk EV Konversi

Ringkasan Tantangan Utama

Transisi truk listrik bukan hanya ganti mesin, melainkan perombakan total ekosistem



Ringkasan Tantangan Utama

Hambatan Ekonomi

CapEx Rp 1–2 miliar/unit → adopsi rendah meski potensi hemat operasional BaaS hingga 52,9%

Faktor Manusia

Kesenjangan literasi 90% + technology anxiety 75% → skeptisisme tinggi terhadap EV

Masalah Sistemik

ODOL sebagai gejala desain sistem → berisiko melahirkan “ODOL Listrik”

Tantangan Teknis & Regulasi

Bobot baterai tambahan 0,3–6,4 ton + regulasi PP 55/2012 → risiko tonase, getaran, dan kelelahan operator

Oleh karena itu, diperlukan redesain ekosistem secara menyeluruh yang berpusat pada manusia.

Saran Penelitian Lanjutan

Pilot Project Koridor Jakarta – Surabaya

Laboratorium hidup untuk mengumpulkan data empiris riil performa truk listrik di rute logistik tersibuk Indonesia.



10 Unit

Truk modifikasi dioperasikan selama 6 bulan penuh

Multi-Stakeholder

ITB, PLN, Pertamina & APTRINDO berkolaborasi strategis

Blueprint Nasional

Output menjadi basis regulasi insentif & standar infrastruktur pengisian daya





Data yang Dipetakan

Dari Lapangan ke Kebijakan

Selama 6 bulan operasional, proyek akan menghasilkan peta akurat mengenai:



Konsumsi energi

Per rute, per muatan, per kondisi jalan



Degradasi baterai

Pola keausan dalam kondisi tropis nyata



Adaptasi pengemudi

Tingkat kepercayaan dan kenyamanan psikologis terukur

Langkah Selanjutnya

Menuju Ekosistem Logistik Rendah Emisi



Keberhasilan transisi ini bergantung pada kolaborasi nyata antara pemerintah, industri, akademisi, dan operator di lapangan — dengan manusia sebagai pusat setiap keputusan desain.



Indonesia Siap Memimpin

Redesain ekosistem truk listrik bukan sekadar agenda lingkungan — ini adalah investasi strategis dalam daya saing logistik nasional, kesehatan pengemudi, dan kedaulatan energi Indonesia menuju 2060.



Human-Centered
Pengemudi sebagai pusat desain



Net Zero 2060
Logistik bebas emisi karbon



Ekosistem Terintegrasi
Teknologi, regulasi, dan manusia selaras



TERIMA KASIH



Desain bukanlah sekadar urusan teknologi. Desain adalah perekat yang menyatukan regulasi, energi, pelabuhan, manufaktur, pasar dan manusia penggunaanya. Tanpa desain yang mengintegrasikan semua sektor, kita hanya akan punya puzzle-puzzle solusi yang tidak saling terhubung.