

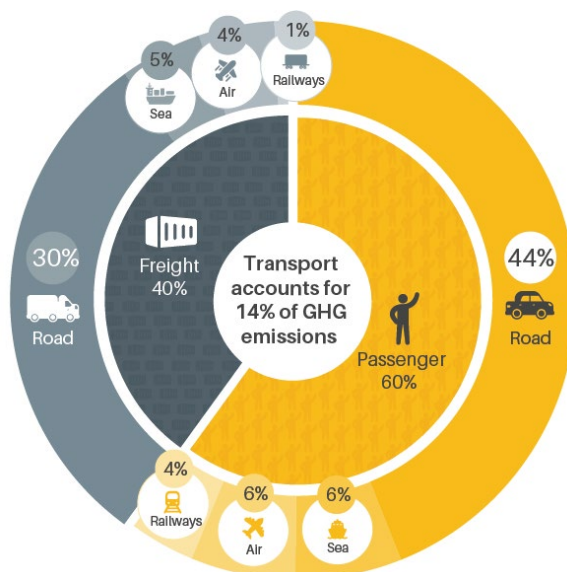
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor transportasi memainkan peran vital dalam mendukung hampir seluruh sektor lainnya, menjadikannya elemen krusial dalam aktivitas ekonomi baik distribusi barang dan jasa, mobilitas masyarakat, dan mendorong investasi. Sistem transportasi yang baik juga akan meningkatkan aksesibilitas antar wilayah. Namun, di sisi lain, sektor ini juga menjadi salah satu pengguna terbesar bahan bakar minyak (BBM) dan berkontribusi besar terhadap polusi udara, terutama di wilayah perkotaan.

Secara global peningkatan volume kendaraan di darat, laut, dan udara untuk aktivitas angkutan barang dan penumpang merupakan penyumbang utama pertumbuhan emisi karbon dioksida (CO₂) antara tahun 2000 hingga 2018 dengan kontribusi 14% (SLOCAT, 2021).



Gambar 1. 1 Sebaran Gas Rumah Kaca Berdasarkan Moda Transportasi
Sumber: Slocat, *Transport and Climate Change Global Status Report*

Berdasarkan Gambar 1.1, moda transportasi kereta api memiliki kontribusi emisi CO₂ paling kecil daripada yang lainnya, yaitu 1% untuk angkutan barang dan 4% untuk angkutan penumpang. Hal ini menjadikan kereta api sebagai peluang alternatif transportasi ramah lingkungan sangat terbuka lebar dan menjanjikan, terutama di Indonesia. Sejalan dengan tujuan pada masa mendatang yang tertuang pada aksi mitigasi

sektor transportasi darat dan perkeretaapian bahwa efisiensi energi dapat dilakukan dengan merevitalisasi jalur Kereta Api (KA) melalui penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT) berupa pemanfaatan PLTS pada infrastruktur/prasarana transportasi darat dan perkeretaapian (Kementerian Perhubungan, 2023). Modernisasi teknologi perkeretaapian nasional merupakan syarat utama dalam peningkatan layanan transportasi perkeretaapian, karena penggunaan teknologi yang telah usang menimbulkan biaya tinggi (tidak efisien). Konsep modernisasi teknologi perkeretaapian nasional harus diarahkan pada penggunaan teknologi sarana perkeretaapian yang berdaya angkut massal, kecepatan tinggi, hemat energi dan ramah lingkungan (Menteri Perhubungan, 2010).

Kereta api menjadi salah satu pilihan utama transportasi umum massal karena memiliki efisiensi energi yang tinggi per satuan penumpang dan menghasilkan emisi yang relatif rendah (Kementrian Perhubungan, 2011). Nilai efisiensi kereta api 8 kali lebih tinggi dibanding kendaraan bermotor, 25 kali dibanding bus, dan 10 kali dibanding pesawat (Dephub, 2024).

Transportasi rel di Indonesia, khususnya di koridor Jakarta–Surabaya, merupakan tulang punggung logistik dan mobilitas masyarakat di pulau Jawa. Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia mencatat pola pertumbuhan penumpang pada perjalanan kereta selalu positif di setiap tahunnya, kecuali pada masa awal Covid-19 di tahun 2020, dikarenakan adanya Pembatasan Pergerakan Kegiatan Masyarakat (PPKM).

Namun, sebagian besar jaringan ini belum sepenuhnya menggunakan energi bersih. Sejalan dengan target *Net Zero Emission* tahun 2060, diperlukan inovasi elektrifikasi berbasis energi terbarukan seperti PLTS atap. Jalur kereta di Pulau Jawa telah terbentang dari Barat hingga ke Timur begitupun sama halnya dengan jaringan listrik milik PLN, sehingga memungkinkan untuk mengintegrasikannya menjadi sumber energi listrik untuk kereta rel listrik di sepanjang jalurnya

Pemasangan PLTS di atap stasiun, depo, dan bangunan penunjang lainnya seperti bangunan gedung pemerintahan pun memiliki potensi besar untuk menyuplai sebagian kebutuhan energi listrik kereta rel. Indonesia memiliki sumber daya energi surya yang sangat besar, dengan rata-rata intensitas radiasi harian mencapai 4–5 kWh/m² atau sekitar 112.000 GWp. Adapun kota-kota dengan stasiun besar yang dilalui jalur kereta dari Jakarta-Surabaya yang memiliki intensitas cahaya matahari yang baik seperti di Kota

Surabaya sebesar 5,349 kWh/m² per hari, Semarang sebesar 5,225 kWh/m² per hari, Cirebon sebesar 5,326 kWh/m² dan di Jakarta sebesar 4,640 kWh/m² per hari.

Melalui pembahasan aspek teknis dan finansial penelitian ini bertujuan agar dapat membantu pemerintah mewujudkan target *roadmap* dalam pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 yaitu sebesar 0.87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun serta pengaplikasian energi bersih pada transportasi umum.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Berapa besar potensi radiasi matahari untuk sistem PLTS atap yang dapat dimanfaatkan pada bangunan kota-kota penunjang di sepanjang jalur tersebut?
- b. Apakah potensi kurva energi listrik yang dihasilkan dari integrasi radiasi matahari di setiap kota-kota sepanjang wilayah pantai utara jawa dari Barat sampai ke Timur secara teknis lebih baik dibandingkan dengan jumlah radiasi di masing-masing kota?
- c. Apakah penggunaan PLTS atap dapat disesuaikan dengan sarana dan prasarana jalur rel kereta eksisting untuk mendukung elektrifikasi jalur kereta Jakarta–Surabaya?
- d. Apakah penggunaan PLTS atap, layak secara finansial untuk mendukung elektrifikasi jalur kereta Jakarta–Surabaya?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Menghitung potensi iradiasi matahari untuk sistem PLTS atap yang dapat dimanfaatkan di sepanjang jalur kereta rel listrik rute Jakarta–Surabaya.
- b. Mengetahui kehandalan sumber energi listrik yang dihasilkan dari potensi integrasi radiasi matahari pada bangunan kota-kota sepanjang jalur Jakarta–Surabaya untuk elektrifikasi kereta rel listrik
- c. Menganalisis kesesuaian sarana dan prasarana dari penggunaan PLTS atap untuk elektrifikasi kereta rel listrik.
- d. Menganalisis kelayakan finansial dari penggunaan PLTS atap untuk elektrifikasi kereta rel listrik.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mendukung pengembangan transportasi berkelanjutan pada sektor perkerataapian.
- b. Memberikan gambaran dasar teknis dalam implementasi kereta rel listrik pada prasarana eksisting.
- c. Memberikan dasar analisis untuk pengambilan keputusan investasi oleh PT PLN dan PT KAI.
- d. Meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan dalam sektor transportasi.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Adapun fokus utama penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Wilayah perencanaan jalur terelektifikasi adalah jalur rel lintas utara Jakarta–Surabaya (± 720 km) eksisting.
- b. Sumber energi listrik berasal dari produksi energi PLTS atap pada bangunan gedung di kota/daerah dekat dengan stasiun pemberhentian yang juga terhubung dengan Gardu Induk PLN untuk kemudian disalurkan ke Gardu Induk Traksi.
- c. Bahasan pada penelitian disaumsikan hanya terbatas pada analisis PLTS atap sebagai sumber listrik untuk kereta tanpa mempertimbangkan eksistensi pembangkit sekitar sebagai *backup power plant*.
- d. Analisis kelayakan finansial menggunakan pendekatan faktor *Capital Recovery* dengan cara menghitung nilai *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Internal Rate of Return* (IRR) dan *Payback Period* (PP).

1.6 Kebaharuan

Penelitian ini menawarkan pendekatan baru dalam upaya integrasi energi terbarukan ke dalam sistem transportasi masal berbasis listrik, dengan fokus khusus pada jalur Kereta Rel Listrik (KRL) antar kota Jakarta–Surabaya. Sebagian besar kajian sebelumnya di Indonesia masih terbatas pada aspek teknis operasional atau bergantung sepenuhnya pada pasokan listrik jaringan PLN yang berasal dari energi fosil.

Pemanfaatan PLTS Atap sebagai sumber energi pendukung KRL jarak jauh menggarisbawahi potensi pemanfaatan atap gedung sekitar, depo/stasiun, dan fasilitas perkeretaapian lainnya di sepanjang jalur Jakarta–Surabaya sebagai area strategis untuk pemasangan sistem PLTS atap dengan menggabungkan sistem jaringan eksisting sebagai solusi dari intermitensi radiasi matahari. Pendekatan ini masih jarang dikaji secara komprehensif dalam konteks pengembangan transportasi berbasis rel di Indonesia.