

BAB VI

RINGKASAN

Emisi gas rumah kaca (GRK) global dari sektor transportasi didominasi oleh transportasi jalan, termasuk di Indonesia. Kota Semarang sebagai ibukota Provinsi Jawa Tengah menempati urutan pertama dalam hal jumlah kendaraan bermotor dan terus mengalami kenaikan dari tahun ke tahun, seiring dengan peningkatan emisi GRK. Untuk mengatasi hal tersebut, sekaligus sebagai bentuk komitmen terhadap *Paris Agreement*, pemerintah Indonesia telah menetapkan target penurunan emisi pada tahun 2030 melalui *Enhanced Nationally Determined Contribution* (ENDC) dan *net zero emission* (NZE) pada tahun 2060. Salah satu upaya dalam sektor transportasi yaitu adopsi kendaraan listrik. Meskipun adopsi mulai meningkat dengan dukungan kebijakan subsidi dan produksi lokal, tantangan baru muncul terkait pengelolaan limbah baterai yang berpotensi mencemari lingkungan.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi dampak tren penggunaan kendaraan listrik, khususnya *battery electric vehicle* (BEV) di Kota Semarang dalam mencapai target pemerintah, sekaligus menganalisis pengelolaan limbah baterai yang berkelanjutan. Penelitian ini berfokus pada analisis emisi sektor transportasi saat ini, proyeksi emisi dan kebutuhan energi hingga tahun 2060, serta perencanaan pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik. Untuk menjaga fokus, penelitian dibatasi pada emisi dari transportasi jalan, proyeksi berbasis kebijakan saat ini, dan analisis pengelolaan limbah baterai berdasarkan praktik eksisting di perusahaan kendaraan listrik. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat luas, mulai dari pengembangan kemampuan analisis bagi peneliti, hingga referensi bagi industri kendaraan listrik untuk merancang manufaktur yang ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini diharapkan menjadi masukan kebijakan bagi pemerintah dan sumber pengetahuan bagi masyarakat umum serta kalangan akademisi dalam memahami dampak kendaraan listrik terhadap kualitas lingkungan.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis emisi sektor transportasi dan proyeksinya hingga tahun 2060, serta metode kualitatif untuk mengevaluasi pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik saat ini. Analisis

kuantitatif dilakukan menggunakan perangkat lunak *Low Emission Analysis Platform* (LEAP), yang membantu menghitung emisi GRK (CO₂e), nitrogen oksida (NO_x), dan *particulate matter* (PM₁₀), serta kebutuhan energi transportasi di masa mendatang. Data kuantitatif diperoleh dari jumlah kendaraan di Kota Semarang selama 2018–2023 dan estimasi rata-rata jarak tempuh tahunan kendaraan, sementara data kualitatif dikumpulkan melalui wawancara mendalam dengan komunitas motor listrik dan *dealer* kendaraan listrik. Pengumpulan data primer melibatkan wawancara dan kuesioner. Data sekunder meliputi statistik kendaraan dari Badan Pengelola Pendapatan Daerah Provinsi Jawa Tengah, sementara jarak tempuh dan informasi lainnya berasal dari penelitian terdahulu. Proyeksi hingga 2060 mempertimbangkan skenario kebijakan saat ini dan mencakup dampak emisi transportasi jalan yang terdiri dari sepeda motor, mobil, bus, dan truk. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran komprehensif mengenai emisi transportasi dan strategi pengelolaan limbah baterai yang berkelanjutan.

Proyeksi jumlah kendaraan ICEV dan BEV di Kota Semarang hingga tahun 2060 dilakukan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak LEAP berdasarkan data historis enam tahun terakhir. Empat skenario dikembangkan: (1) BAU (*business as usual*), yang mempertahankan kondisi eksisting dengan pertumbuhan kendaraan sesuai tren historis; (2) BEV (*battery electric vehicle*), yang menargetkan pencapaian jumlah kendaraan listrik sesuai kebijakan nasional, dengan asumsi penurunan ICEV seiring peningkatan BEV; (3) EMX (*energy mix*), yang memaksimalkan penggunaan energi baru terbarukan (EBT) berdasarkan Kebijakan Energi Nasional dan RUPTL, dengan elektrifikasi kendaraan umum seperti bus dan truk; serta (4) COM (*combination*), yang menggabungkan target BEV dan optimalisasi bauran energi dari dua skenario sebelumnya. Setiap skenario mempertimbangkan dampak kebijakan pemerintah, tren teknologi, serta potensi elektrifikasi kendaraan berat. Dalam skenario EMX dan COM, faktor emisi jaringan listrik diasumsikan menurun seiring peningkatan bauran EBT, sementara elektrifikasi bus dan truk diproyeksikan untuk mendukung kebutuhan transportasi massal dan penurunan emisi dari sektor transportasi berat. Proyeksi ini diharapkan

memberikan gambaran komprehensif untuk perencanaan transportasi berkelanjutan di Kota Semarang.

Emisi sektor transportasi di Kota Semarang terus meningkat, dengan rata-rata kenaikan emisi GRK sebesar 3,21% per tahun selama lima tahun terakhir, mencapai 1.681 ktCO₂e pada 2023. Kontributor terbesar adalah mobil yang menghasilkan 50% emisi GRK, sementara emisi NO_x tertinggi berasal dari mobil dan PM₁₀ dari sepeda motor. Proyeksi skenario BAU menunjukkan emisi GRK akan mencapai 5.921 ktCO₂e pada 2060, namun hasil terendah dari skenario COM menawarkan potensi pengurangan hingga 23%. Pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik saat ini mengutamakan pencegahan (*prevention*), penggunaan ulang (*reuse*), dan perbaikan (*refurbish*), namun diperlukan pengembangan strategi produksi ulang (*remanufacture*) dan daur ulang (*recycle*) untuk mendukung keberlanjutan industri dalam negeri.

Berdasarkan hasil penelitian, pengurangan emisi GRK dari sektor transportasi jalan di Kota Semarang masih belum memadai untuk mencapai target ENDC. Diperlukan penelitian lanjutan yang mencakup jenis transportasi lain, seperti udara dan air, serta kebijakan insentif dan disinsentif untuk mengurangi kendaraan pribadi melalui pengembangan transportasi umum yang lebih baik. Selain itu, penelitian komprehensif lintas sektor diperlukan untuk mengevaluasi capaian pengurangan emisi secara keseluruhan, bersama dengan perencanaan pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

SEKOLAH PASCASARJANA