



CivETech

Civil Engineering and Technology Journal

P-ISSN 2798-4869
E-ISSN 2798-4060



CivETech
Civil Engineering and Technology Journal

Vol. 7

No. 1

Hal. 1 - 57

Yogyakarta
Februari 2025

P-ISSN 2798-4869
E-ISSN 2798-4060

Fakultas Teknik- Universitas Cokroaminoto Yogyakarta



DAFTAR ISI

- Cahyaning Kilang Permatasari, Hery Kristiyanto, Sucipto, Fadillah LITERATUR REVIEW: PEMANFAATAN FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK	1 – 9
- Iskandar Yasin, Dimas Langga Chandra Galuh, Anik Nursupriyanti, Zalfa Maulidifa Rizka Putri ANALISIS PERKUATAN STRUKTUR LANTAI DENGAN METODE CONCRETE JACKETING (STUDI KASUS BANGUNAN RUKO SETURAN RAYA)	10 – 18
- Muhammad Ryan Iskandar, Indra Suharyanto, Nurokhman, Singgih Cahyono ANALISIS PENGGUNAAN PASIR PANTAI JATIMALANG SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR	19 – 30
- Nasrul Arfianto, Dwi Wahyuningrum, Eko Dwiyatno MANAJEMEN RISIKO UNTUK MEWUJUDKAN ZERO FATALITY ACCIDENT DALAM KONTRUKSI JALAN TOL	31 – 36
- Nurokhman, Suryanto, Singgih Subagyo, Wildan Yoqu Madazzaman DAMPAK TRANSPORTASI SISTEM LIGH RAIL TRANSITS TERHADAP KEMACETAN LALU LINTAS DAN EMISI CARBON DI JAKARTA	37 – 48
- Ratih Nurmala Saridewi, Muhamad Arifin, Muchamad Arif Budiyanto, Muhammad Anggito Panjalu ANALISIS KESETIMBANGAN AIR IRIGASI DI DAERAH IRIGASI DUWET, KABUPATEN GUNUNGKIDUL, YOGYAKARTA	49 – 57



Vol. 7. No. 1, Februari 2025

Pelindung:

Dekan Fakultas Teknik UCY

Pemimpin Redaksi:

Ir. Muchamad Arif Budiyanto, S.T., M.Eng., IPM.

Redaksi Pelaksana:

Ratih Nurmala Saridewi, S.T., M.Eng

Cahyaning Kilang Permatasari, S.Pd., M.T.

Ir. Suryanto, M.T.

Ir. Singgih Subagyo, M.T.

Fahrudin Hanafi, S.Si., M.Sc.

Agatha Padma Laksitaningtyas S., S.T., M.Eng.

Ir. Nasrul Arfianto, S.T., M.T., IPP

Dr. Ir. Muslikh, M.Sc., M.Phil.

Muhammad Ryan Iskandar, S.T., M.Eng.

Ir. Nurokhman, M.T.

Fattah Setiawan Santoso, S.Ag., M.Ag.

Muhamad Arifin, S.T., M.Eng.

Mitra Bestari:

Dr. Rossy Armyn Machfudiyanto, S.T., M.T.

Dr.Ir. Herry Kristiyanto, S.T., M.T., IPM.

Dr. Adhy Kurniawan, S.T.

Dr. Devi Oktafiana Latif, S.T., M.Eng.

Zainul Faizen Haza, M.T., Ph.D.

Dr. Roby Hambali, S.T., M.Eng.

Ir. Nurokhman, M.T.

Dr. Ananto Nugroho, S.T., M.Eng.

Penerbit:

Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

Alamat Redaksi:

Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

Jl. Perintis Kemerdekaan, Gambiran, Yogyakarta 55161

Telp. (0274) 372274

e-mail: civetechjournal@gmail.com

Jurnal **CivETech** terbit perdana pada Februari 2019. Jurnal ini memuat tulisan ilmiah, hasil penelitian, atau ide/gagasan orisinal yang belum pernah dimuat pada media cetak lain. Redaksi menerima tulisan sesuai dengan ketentuan naskah. Jurnal **CivETech** diterbitkan 2 (dua) kali setahun pada bulan Februari dan Agustus, , diterbitkan secara online dan akses terbuka dengan Elektronik dengan P-ISSN 2798-4869 dan E-ISSN 2798-4060.

DAMPAK TRANSPORTASI SISTEM *LIGHT RAIL TRANSITS* TERHADAP KEMACETAN LALU LINTAS DAN EMISI CARBON DI JAKARTA

Nurokhman¹, Suryanto¹, Singgih Subagyo¹, Wildan Yoqu Madazzaman²

Email : nurokhman.jogja@gmail.com , suryantonandan@gmail.com ,
singgihsubagyoahadi@gmail.com

ABSTRAK: DKI Jakarta merupakan kota metropolitan dengan jumlah penduduk pada Tahun 2024 sebanyak 10.684.946 jiwa dengan kepadatan 16.165 jiwa/km² berdampak kemacetan lalu lintas. Pemerintah telah melakukan peningkatan sistem transportasi terintegrasi *Light Rail Transit* (LRT) untuk layanan masyarakat sekaligus mengurangi dampak lingkungan seperti polusi udara. Dalam pembangunan LRT di Jakarta tentu diharapkan memberikan peningkatan layanan publik namun sering juga timbul dampak lain. Tujuan penelitian untuk menganalisis aspek teknis kelayakan dan pelaksanaan konstruksi pembangunan LRT di Jakarta serta temuan dampaknya. Metode yang dilakukan pengumpulan data sekunder terkait dan pengamatan langsung di lokasi. Teknologi LRT telah dikembangkan di negara-negara lain dan di Indonesia baru dimulai Tahun 2015 di Palembang, Jakarta dan rencana di Surabaya. Pembangunan LRT Jakarta dilakukan secara bertahap pada fase-fase yang telah dirancang, Fase 1 beroperasi sejak 2019 dengan rute sepanjang 5,8 kilometer dari Pegangsaan Dua-Velodrome dan sedang diperpanjang ke Manggarai sepanjang 6,4 km kemudian ke Dukuh Atas. Fase 2 dengan lintas Kelapa Gading-JIS, dan Fase 3 rute Kemayoran-Jakarta International Stadium (JIS)-Kelapa Gading-Velodrome-Klender-Halim. Pada proyek LRT Jabodebek masih dalam kategori layak diterapkan ditunjukkan dengan durasi Payback Period (PP) 22,59 tahun, Net Present Value (NPV) di atas 11 triliun rupiah, Profitability Index (PI) 1,42, dan Internal Rate of Return (IRR) 8,09%. Selama masa pelaksanaan konstruksi LRT berdampak pada pengurangan lebar jalur jalan yang tentu berdampak sementara kemacetan pada ruas jalan tersebut khususnya pada jam sibuk. Dampak positif layanan teknologi LRT akan mengurangi kemacetan, kemudahan transportasi masyarakat dan mengurangi emisi udara.

Kata-kata kunci: Jakarta, Kemacetan, *Light Rail Transit*, Transportasi.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah Khusus Jakarta (dulu Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta) merupakan kota metropolitan yang sangat padat penduduknya sekaligus banyak permasalahannya (Edriani, Anisa, & Noor, 2021-05-17). Untuk kepentingan transportasi menggunakan kendaraan pribadi seperti sepeda, sepeda motor, skuter, mobil, dan kendaraan umum seperti motor online, mobil online, angkot, busway transjakarta, kereta commuter, dan kereta cepat (Ode, et al., 2024). Isu kemacetan Jakarta telah menjadi polemik indikator transportasi di Indonesia. Masalah transportasi sangat kompleks karena berbagai aspek sosial, ekonomi dan budaya terlibat. Di kota-kota besar di negara berkembang seperti Jakarta, juga memiliki banyak masalah di sektor transportasi. (HINO, 2006)

Upaya pembangunan sarana dan prasarana DKI Jakarta saat ini, serta infrastruktur transportasi, jauh lebih unggul dari keadaan sebelumnya (Harsono, 2019). Proyek pembangunan LRT Jakarta fase 1B yang sedang berlangsung oleh pemerintah merupakan langkah positif dalam meningkatkan konektivitas kota. Namun, terdapat potensi yang belum sepenuhnya dimanfaatkan dalam hal integrasi antarmoda transportasi. Pemerintah DKI Jakarta berkomitmen untuk meningkatkan kualitas pelayanan transportasi melalui inisiatif seperti proyek Modernisasi Rapid Transit (MRT), proyek Lintas Raya Terpadu Jakarta (disingkat LRT Jakarta).

¹ Dosen Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

² Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

Integrasi transportasi publik dan transportasi berkelanjutan menjadi fokus utama dalam pembangunan transportasi perkotaan. Integrasi transportasi publik yang efektif dapat meningkatkan aksesibilitas, efisiensi, dan kenyamanan transportasi bagi masyarakat, sementara transportasi berkelanjutan memainkan peran penting dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan secara keseluruhan. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang tantangan dan potensi integrasi transportasi publik dan transportasi berkelanjutan di DKI Jakarta. Permasalahan kemacetan umumnya timbul karena masyarakat menggunakan kendaraan pribadi sehingga kapasitas jalan tidak mencukupi jumlah kendaraan. Kebijakan pemerintah dalam mengurai dan mengurangi kemacetan antara lain dengan menerapkan sistem genap ganjil, memberikan layanan transportasi publik yang nyaman dan murah berupa kereta rel listrik (KRL) *Commuter Line*, Bus listrik Transjakarta, mikrotrans (Jaklingko), *Mass Rapid Transit* (MRT) dan sejak tahun 2016 telah dikembangkan *Light Rail Transit* (LRT). Untuk memenuhi integrasi layanan transportasi di Jakarta antara koneksi titik simpul transportasi publik. Keterbaharuan penelitian adalah menganalisis pengembangan LRT di Jakarta dari aspek sosial mengurai kemacetan, kelayakan teknis, finansial dan dampaknya pada lingkungan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis kemacetan di DKI Jakarta, kelayakan teknis pembangunan transportasi sistem proyek LRT dan pengaruhnya terhadap lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kepadatan dan Kemacetan Lalu Lintas Jakarta

Jumlah penduduk DKI Jakarta tahun 2023 berdasarkan hasil proyeksi penduduk hasil SP2020 menurut kabupaten/kota tahun 2020-2035 sebesar 10.672.100 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 2023 terhadap 2020 sebesar 0,38 persen. Kepadatan penduduk DKI Jakarta tahun 2023 adalah 16.165 jiwa setiap 1 km². Kota Jakarta Pusat memiliki kepadatan penduduk tertinggi di Provinsi DKI Jakarta yaitu sebesar 22.061 jiwa/km². DKI Jakarta sebagai ibu kota memiliki intensitas aktivitas yang sangat sibuk yang berdampak kemacetan lalu lintas. Faktor penyebab kemacetan yaitu penggunaan kendaraan pribadi di Jakarta sangat tinggi, penggunaan sepeda motor roda dua sangat tinggi dan volume kendaraan tidak sebanding dengan kapasitas jalan (Sitanggang & Saribanon, 2018). Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan DKI Jakarta pada tahun 2010 besaran kerugian akibat kemacetan lalu lintas di DKI Jakarta telah mencapai Rp. 45,2 triliun per tahun. (Suyuti, 2012). Tidak seimbangnya *demand* dan *supply* yaitu pertumbuhan jumlah kendaraan dengan kapasitas prasarana transportasi yang ada menjadi faktor kemacetan. Berbagai upaya telah dilakukan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dalam pengendalian kemacetan lalu lintas, seperti antara lain: pemberlakuan jalur *three in one* pada jam-jam tertentu di ruas jalan tertentu, pembangunan simpang susun (*fly over*) dan *under pass* di persimpangan jalan, penyelenggaraan angkutan massal dengan sistem jalur khusus bus (*bus way*), penyesuaian jam masuk kerja dan jam masuk sekolah, dan peningkatan kualitas dan kuantitas sarana prasarana lalu lintas.

Kemacetan lalu lintas adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rancangan jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan mendekati 0 Km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian (MKJI, 1997). Pada saat terjadinya nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan mencapai lebih dari 0,8 jika arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan mulai terjadi meningkat apabila arus begitu besar sehingga kendaraan sangat berdekatan satu sama lain (Tarmin, 2000). Tipe kemacetan lalu lintas terjadi apabila kapasitas jalan tetap sedangkan *congestion* dan *pre congestion* atau *border line congestion*. *Recurrent congestion* adalah kemacetan yang terjadi secara berulang dan terus menerus, misalnya pada periode pagi pada saat pergi

kerja dan sore pada pulang kerja. *Non-congestion* adalah kemacetan yang terjadi ketika kecepatan aktual kendaraan berada di bawah kecepatan arus bebas yang mengakibatkan kerugian bagi pengguna jalan berupa pemborosan konsumsi bahan bakar, waktu terbuang, pencemaran lingkungan (Sugiyanto, 2011).

2.2 Transportasi

Transportasi adalah pemindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dalam waktu tertentu dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh manusia, hewan, maupun mesin. Moda transportasi darat terdiri dari seluruh bentuk alat transportasi yang beroperasi di darat. Moda transportasi darat sering dianggap identik dengan moda transportasi jalan raya (Warpani, 1990). Kereta merupakan salah satu rangkaian dari kereta api yang berfungsi untuk mengangkut penumpang. Sedangkan rangkaian yang digunakan untuk mengangkut barang atau binatang disebut gerbong. Indonesia ada bermacam-macam kereta api/listrik yang memiliki fungsi dan keunggulan masing-masing. Dengan waktu tempuh yang cenderung singkat dan bisa menampung banyak penumpang, kereta api masih menjadi salah satu alat transportasi massal favorit.

1. Kereta Api Jarak Jauh (KAJJ). Kereta KAJJ memiliki kecepatan 120km/jam yang mampu menampung 1000-1120 penumpang dan beroperasi di antar kota antar provinsi terutama di Pulau Jawa, Sumatera, dan yang terbaru di Sulawesi.
2. Kereta *Commuter Line* (KRL). Kereta KRL menggunakan kereta yang bergerak di atas rel untuk mengangkut orang banyak, tidak menggunakan lokomotif dan memanfaatkan listrik sebagai tenaga penggerakannya. Kereta *Commuter Line* (KRL) memiliki kecepatan 95 km/jam yang mampu menampung 2000 penumpang.
3. Kereta Bandara. Kereta bandara atau *Railink* ini tergolong kereta yang lama karena kereta ini sudah beroperasi sejak 2013 lalu di Bandara Kualanamu kemudian tumbuh di Bandara Soekarno-Hatta Kereta Bandara, Bandara Yogyakarta Internasional Airport memiliki kecepatan 75 km/jam yang mampu menampung 8.000-45.000 penumpang.
4. Kereta *Mass Rapid Transit* (MRT). MRT maupun KRL mengambil dayanya dari listrik di atas kereta atau biasa disebut Listrik Aliran Atas (LAA). MRT sebenarnya merupakan kepanjangan dari Moda Raya Terpadu dan bukan *Mass Rapid Transit*. MRT dapat menampung hingga 1.950 penumpang yang terdiri dari 6 gerbong di setiap rangkaiannya.
5. Kereta *Light Rail Transit* (LRT). Kereta *Light Rail Transit* atau Lintas Rel Terpadu. Biasanya kereta ini disebut dengan LRT yang mengambil listrik dari bawah atau (Listrik Aliran Bawah). Kereta ini dikhususkan untuk kawasan perkotaan karena daya tampungnya yang cenderung lebih kecil. LRT hanya mampu menampung 600 penumpang dengan kecepatan 90 km/jam.
6. Kereta Cepat Jakarta - Bandung (KCJB). Kereta cepat Jakarta-Bandung menggunakan kereta cepat generasi terbaru, yakni CR400AF yang merupakan hasil pengembangan tipe CRH380A oleh CRRC Qingdao Sifang yang terdiri dari 8 kereta (cars) memiliki kecepatan desain hingga 420 kilometer per jam dan kecepatan operasional 350 kilometer per jam.

2.3 Layanan Transportasi Publik

Salah satu transportasi public adalah kereta api yang telah ada sejak jaman Hindia Belanda dan pada zaman modern telah dimodifikasi agar pembakaran api tidak menimbulkan polusi udara, Jumlah Penumpang Kereta Api Menurut Bulan (Orang), Tahun 2023 untuk penumpang luar kota sebesar 8.049.213 orang, dan penumpang Jabodetabek sebanyak 290.890.677 orang. Di Jakarta, jenis angkutan umum terdapat 15 jenis yang telah dikelola baik Kopersai maupun perusahaan umum berupa bus besar, bus sedang, bus kecil, Komiker jaya, Kopamilet jaya, dan sebagainya dengan jumlah total sebanyak 4.089 unit. Jumlah tersebut dalam operasinya tersebar di rute-rute yang telah ditetapkan agar mampu menjangkau kebutuhan angkutan masyarakat. Dari hasil perhitungan jumlah

penumpang pada Tahun 2023, sebanyak 284.920.116 penumpang dan hal ini tentu memberikan arus ekonomi pada sektor Trans Jakarta sebesar Rp. 521.104.963.745,-. Dari koridor yang paling banyak penumpangnya adalah Layanan Pengumpulan Bus Kecil Mikrotrans sebanyak 114.666.707 penumpang.

2.4 Transportasi LRT

Progres konstruksi proyek *Light Rail Transit* (LRT) Jakarta Fase 1B rute Velodrome – Manggarai dilaporkan telah mencapai 23,15%. Nantinya, rute ini bakal terkoneksi langsung dengan Pasar Pramuka, Jakarta Timur. LRT Jakarta Fase 1B ini akan menyempurnakan integrasi transportasi di Stasiun Manggarai. LRT Jakarta Fase 1B dibangun sepanjang 6,4 Kilometer (km) yang akan terdiri dari lima stasiun yaitu Stasiun Rawamangun, Pramuka BPKP, Pasar Pramuka, Matraman, dan berakhir di Manggarai. Pembangunan Konstruksi LRT Fase 1B yang dilaksanakan oleh Penyedia Jasa PT. Waskita Karya (Persero) ini ditargetkan akan beroperasi pada awal 2027. Bahkan, diharapkan dapat mulai fungsional untuk publik pada kuartal II/2026. Untuk mendukung moda angkutan, telah disiapkan integrasi moda angkutan umum di Jakarta seperti Commuter Line, MRT Jakarta dan Trans Jakarta. Untuk memaksimalkan potensi okupansi LRT Jakarta, pemerintah juga mengembangkan LRT Fase 2A dengan lintas Kelapa Gading-JIS, 1C Manggarai-Dukuh Atas, 1D Dukuh Atas-Pesing. Ada pula rute 3A dan 3B yang masing-masing akan melengkapi rute Kemayoran-JIS-Kelapa Gading-Velodrome-Klender-Halim.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Studi kasus penelitian ini diambil data kegiatan Kementerian Perhubungan Republik Indonesia pada Paket Proyek *Light Rail Transit* Fase 1D, 2A Dan 2B Tahun 2024. Adapun dua jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Metode penelitian dalam kegiatan ini dilakukan dua macam metode penelitian yang dilakukan yaitu studi Pustaka dan pengamatan lapangan. Metode studi kepustakaan dengan mengkomparasikan beberapa data, hasil penelitian. Dalam studi ini dikumpulkan referensi tentang hal-hal yang berhubungan dengan kemacetan lalu lintas di Jakarta, kebijakan transportasi, pelaksanaan konstruksi LRT, dampak kemacetan saat konstruksi dan dampak jangka panjang pada lingkungan udara.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Kemacetan transportasi metropolitan

Permasalahan kemacetan di kota-kota metropolitan secara umum menjadi konsen pemerintah dalam mencari solusi kebijakan sistem transportasi. Daerah Khusus Jakarta dengan jumlah penduduk pada Tahun 2024 berdasarkan statistika sebanyak 10.684.946 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 2023 terhadap 2020 sebesar 0,38 persen, kepadatan 16.165 jiwa/km². Adanya kemudahan kepemilikan kendaraan pribadi berakibat kapasitas jalan yang terbatas sudah tidak memenuhi khususnya pada jam sibuk sehingga timbul kemacetan pada beberapa ruas jalan. Kemacetan yang terjadi di Jakarta memang disebabkan oleh banyak faktor selain luas jalan yang belum ideal untuk ukuran jalanan kota besar. Penggunaan mobil pribadi masih sangat dominan untuk aktivitas kehidupan sehari-hari. Menurut BPS proyeksi jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta pada tahun 2020 akan mencapai 20.221.821 unit. Dengan adanya angkutan online (motor dan mobil) akan menjadi penumpukan jumlah kendaraan walaupun masyarakat sudah beralih dari kendaraan pribadi ke kendaraan penumpang online, namun tuntutan pekerjaan pasca Covid 19 dan prospek jasa angkutan online menjadi daya tarik kendaraan di jalanan kota.

Kemacetan lalu lintas juga berdampak pada peningkatan karbondioksida yang memberikan dampak polusi udara yang tentu akan menurunkan tingkat kesehatan masyarakat Jakarta. Kebijakan pemerintah dalam mengurai dan mengurangi kemacetan antara lain dengan menerapkan sistem genap ganjil, memberikan layanan transportasi

publik yang nyaman dan murah berupa kereta rel listrik (KRL) Commuter Line, Bus listrik Transjakarta, mikrotrans (Jaklingko), Mass Rapid Transit (MRT) dan sejak tahun 2016 sedang dikembangkan Light Rail Transit (LRT). Dari pengamatan sehari-hari jenis transportasi tersebut pada jam sibuk (pagi dan sore) sangat padat penumpang hingga berdiri dan berdesakan. Hal ini karena bagi masyarakat umum sangatlah membantu karena harga tiket yang sangat murah bahkan bagi lansia dan tidak mampu mendapat kartu gratis. Selain itu dalam era digitalisasi penggunaan sistem transportasi telah dilakukan semua layanan melalui barcode online. Kapasitas jalan semakin berkurang. Budaya. Untuk memenuhi integrasi layanan transportasi di Jakarta antara koneksi titik simpul transportasi publik agar efisien dan nyaman bagi pengguna sedang dikembangkan sistem transportasi LRT Jakarta secara bertahap melalui fase-fase jaringan yang nantinya dapat meningkatkan konektivitas kota Jakarta dan sekitarnya (Bekasi, Depok, Bogor, dan Tangerang).

4.2. Perkembangan Sistem Transportasi LRT

Sistem transportasi *Light Rail Transit* (LRT) sebagai sistem transportasi perkotaan yang layak telah tumbuh sejak akhir abad ke-20. Sistem LRT telah menjadi revolusi sistem transportasi dimana jalur dipisahkan dari lalu lintas lain sehingga berjalan lebih cepat, dan setiap orang memiliki akses mudah karena naik pada areal sebidang. Sistem LRT baru yang dibangun di Jepang baru-baru ini, beberapa sistem trem telah mulai memperkenalkan gerbong lantai rendah dengan kemudahan akses dan efisiensi yang lebih baik. Jepang telah memulai sistem Toyama Light Rail Transit (LRT) di kota Toyama, Jepang pada April 2006. Dalam proses manajemen proses kebijakan otoritas transportasi lokal di kota Toyama, terdapat empat faktor yang mempengaruhi keberhasilan pengenalan sistem LRT antara lain, teknologi/topografi, sumber daya keuangan, dan manajemen proses kebijakan (Kato, Shiroyama, & Fukayama, 2008). Di Jepang, transportasi yang berkualitas diperlukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam mewujudkan layanan mobilitas baru berupa teknologi inovatif seperti transportasi CASE (*connected, automated, shared, and electric*) (T., 2020). Bahkan dalam konsep di Jepang perhatian kendaraan pribadi dan penumpang, diharapkan dapat memberikan kesempatan bagi difabel dan lansia agar mampu dengan mencegah kecelakaan dan meningkatkan aksesibilitas ke moda transportasi. Konsep tersebut tentu dan bergantung pada berbagai faktor ekonomi, demografis, psikografis, terkait layanan, dan keselamatan dan risiko (Anderson & K.D., 2016). Jadi pengembangan proyek LRT Jepang telah mempertimbangkan konsep yang lebih luas tidak hanya masalah kemacetan, tetapi aspek sosial dan budaya menjadi pertimbangan agar dapat tumbuh iklim yang lebih menggeneralisasi. Inovasi sistem LTR di China selain untuk peningkatan layanan transportasi ternyata dapat mengendalikan hujan asam dan polusi sulfur dioksida (SO₂) di perkotaan (Hao, Duan, Zhou, & Fu, 2001). Pengembangan proyek infrastruktur metro termasuk LRT telah memainkan peran penting dalam pertumbuhan ekonomi di Tiongkok melalui perbaikan kondisi transportasi perkotaan terutama dalam aspek ekonomi. Namun ada kekhawatiran tentang efisiensi utilitas dan dampaknya pada aspek sosial dan lingkungan semakin meningkat pada proyek infrastruktur metro sebagai pembangunan berkelanjutan. Riset model indeks evaluasi efisiensi utilitas pada 17 proyek LRT di Tiongkok dipengaruhi variabel faktor Populasi kota, panjang sistem Metro, penumpang tahunan sistem Metro, harga tiket dan Produk Domestik Bruto (Shen, Jiao, he, & Li, 2015).

Teknologi LRT Cina telah banyak menjadi inspirasi bagi negara-negara berkembang. Investasi Tiongkok yang dilakukan pada negara Ethiopia di ibu kota Addis Ababa yang hingga 85% didanai oleh pinjaman Tiongkok. Dari hasil temuan utama riset bahwa hubungan Ethiopia-China telah bermanfaat bagi kedua pemerintah dan investasi China telah mempengaruhi pertumbuhan ekonomi Ethiopia secara positif. Namun, dalam kasus proyek LRT, yang dapat diamati utama adalah bahwa hal itu berkontribusi pada citra pembangunan tetapi gagal dalam memenuhi beberapa tujuan lain seperti menyediakan layanan transportasi yang andal bagi warga, bagi sektor swasta Ethiopia dan bagi serikat



pekerja serta warga negara mengemukakan masalah sehubungan dengan transfer keterampilan dan kondisi kerja yang terkait (Watchefo & Lydia-Gennet, 2018-10-02). Secara umum perkembangan sistem LRT di dunia telah berkembang pada abad 20 sebagai inovasi transportasi yang handal dan cepat yang menjadi kebijakan pemerintah dengan mempertimbangkan faktor populasi kota, panjang sistem transportasi metropoitan, jumlah penumpang tahunan, daya beli harga tiket dan Produk Domestik Bruto. Namun demikian masih menyisakan persolan dalam besaran investasi, proses pembangunan yang lama, dampak lingkungan, dan kesiapan alih teknologi bagi pengguna.

4.3. Pembangunan Sistem Transportasi LRT di Indonesia

Indonesia mulai pembangunan LRT mulai Tahun 2015 yang diterapkan pada Kota Jakarta, Palembang dan direncanakan di Surabaya. Saat ini Indonesia memiliki tiga LRT, yaitu LRT Jabodebek, LRT Jakarta, dan LRT Palembang. LRT di Jakarta, terdiri dari LRT Jabodebek yang terintegrasi di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, dan Bekasi. LRT Jakarta yang dioperasikan oleh PT, LRT Jakarta, anak usaha dari PT Jakarta Propertindo (Perseroda). LRT Velodrome-Manggarai yang diperkirakan akan beroperasi pada awal tahun 2027. Proyek LRT di Indonesia dimulai pada 2015 yang diterapkan pada LRT Palembang. Lokasi Palembang terpilih menjadi tuan rumah Asian Games 2018, setelah sebelumnya mendapatkan reputasi dunia karena berhasil menjadi tuan rumah acara nasional dan internasional yang signifikan. LRT Palembang dengan nilai investasi sekitar 10,2 triliun rupiah yang dilakukan oleh dua perusahaan BUMN – *PT Waskita Karya* untuk menangani infrastruktur LRT, dan *PT INKA* untuk memproduksi komponen LRT. Ada 13 stasiun pada jalur LRT ini dan 1 depot. LRT Sumsel berjalan melalui rel-kereta-layang tanpa balast dengan lebar sepur 1,067 m, yang membentang sepanjang 23,4 km dari Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II di ujung barat menuju Depot OPI di ujung timur. LRT di Surabaya direncanakan menghubungkan Surabaya, Sidoarjo, Gresik, Mojokerto, dan Lamongan yang akan beroperasi tahun 2027. Jadi rencana ini tentu akan menjadi pembahasan di pusat terkait dengan beberapa aspek pertimbangan yang perlu diputuskan.

4.4. Analisis Pembangunan LRT Jakarta.

Salah satu kebijakan Pemerintah Daerah Khusus Jakarta dalam rangka mengurangi kemacetan lalu lintas dan mengembangkan layanan transportasi umum berupa Pembangunan *Ligth Rail Transit* (LRT) Jakarta. Proyek ini merupakan kategori tahun jamak (*multi years*) yang telah dimulai pada tahun 2016-2027. Pada fase 1 direncanakan melayani rute Pegangsaan Dua–Velodrome yang dimulai tahun 2016 dan diharapkan dapat dioperasikan tahun 2022. Rute tersebut banyak disebut kurang efektif karena tidak terintegrasi dengan moda transportasi umum lainnya. Sepanjang tahun 2022–2023, LRT Jakarta hanya melayani 1 juta penumpang, jauh dibandingkan dengan MRT (33 juta) atau Transjakarta (280 juta) pada periode yang sama. (Mohammad, 2024). Pembangunan LRT Jakarta fase 1B untuk rute Velodrome – Manggarai Tahun 2023-2027. Rute ini melayani lokasi yang memiliki tingkat aktivitas masyarakat dan juga sebagai akses tambahan untuk pengembangan Stasiun Sentral Manggarai. Besarnya nilai investasi untuk penawaran tiga proyek perpanjangan rute LRT Jakarta kepada para investor, yaitu LRT Jakarta Fase 1D, 2A, dan 2B senilai Rp 24,06 triliun. LRT Jakarta Fase 1A sudah beroperasi sejak 2019 dengan rute sepanjang 5,8 kilometer dari Pegangsaan Dua, Jakarta Utara ke Velodrome, Jakarta Timur. Jalur tersebut akan diperpanjang dari Velodrome ke Manggarai, Jakarta Selatan sepanjang 6,4 km. Proyek LRT Jakarta Fase 1B ini sedang dikerjakan dan ditargetkan rampung pada 2026 dan mulai beroperasi awal 2027. Kemudian pembangunan LRT Jakarta akan dikembangkan Fase 2A dengan lintas Kelapa Gading-JIS, Fase 1C Manggarai-Dukuh Atas, Fase 1D Dukuh Atas-Pesing, juga Fase 3A dan 3B yang masing-masing akan melengkapi rute Kemayoran-Jakarta International Stadium (JIS)-Kelapa Gading-Velodrome-Klender-Halim.

Spesifikasi dan kapasitas tergantung pada tipe dan model transportasi publik jenis KRL (Kereta Rel Listrik) *Commuter Line*, MRT (*Mass Rapid Transit*/Moda Raya Terpadu),

dan LRT (*Light Rail Transit*). Berdasarkan ukuran kereta dan daya angkutnya, KRL memiliki kapasitas yang paling besar, kemudian MRT dan LRT. Namun keunggulan LRT karena frekuensi perjalanan lebih banyak, maka kemampuannya mengangkut penumpang besar dalam sehari. Berdasarkan sumber daya listrik, MRT dan KRL mengambil dayanya dari listrik di atas kereta atau biasa disebut Listrik Aliran Atas (LAA). Sedangkan LRT Jabodebek mengambil listrik dari bawah atau (Listrik Aliran Bawah). MRT dan KRL menggunakan sepasang rel untuk bergerak. Sedangkan LRT Jabodebek memiliki rel ketiga yang berisi aliran listrik atau biasa disebut *Third Rail*.

Tabel 1. Komparasi dimensi dan kapasitas berdasarkan moda transportasi

Moda Transportasi	Dimensi (PXLXT m)	Kapasitas (orang)	Kapasitas per rangkaian (orang)
LRT Jakarta	11,5 x 2,6 x 3,6	118	270
MRT Jakarta	20 x 2,9 x 3,9	332	1.950 (6 rangkaian)
KRL Commuter Line	Bervariasi, rata-rata 20 m per kerea	80-110	1.320 (12 rangkaian)
TransJakarta	12 (bus tunggal), 18 m (bus gandeng)	85 (bus tunggal), 160 m (bus gandeng)	-

sumber-sumber data:

- *LRT Jakarta: LRT Jakarta, Pelengkap Integrasi Moda Transportasi Jakarta*
- *MRT Jakarta: Membandingkan Spesifikasi Kereta MRT dan LRT Jakarta*
- *KRL Commuter Line: KRL Commuterline - Wikipedia*
- *TransJakarta: Apa Bedanya MRT, LRT, dan KRL | Indonesia Baik*

Jumlah Penumpang berdasarkan Transportasi Umum kawasan Jabodetabek pada Tahun 2023 seperti tabel ini (Hidayat, et al., 2024):

Tabel 2. Komparasi Jumlah penumpang berdasarkan moda transportasi

Moda Transportasi	Jumlah penumpang per Tahun 2023	Rata-rata Penumpang per Hari
LRT Jakarta	1,04 juta	2.842
MRT Jakarta	33.5 jut290,9 juttaa	91.771
KRL Commuter Line	284,9 juta	796.961
TransJakarta		780.521

Sumber: <https://maritim.go.id/uploads/magazine/20241021153633-2024-1021magazine153629.pdf>

4.4.1. Analisis Teknis Kelayakan LRT Jakarta

Kelayakan proyek LRT Jakarta telah banyak dianalisis dari berbagai aspek. Salah satunya analisis kelayakan investasi proyek pengembangan transportasi massal di Indonesia, khususnya proyek LRT Jabodebek dengan metode Capital Budgeting. Metode Capital Budgeting terdiri dari Payback Period (PP), Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI), dan Internal Rate of Return (IRR). Selain itu, ada juga analisis sensitivitas untuk mengukur dampak perubahan variabel penting pada hasil analisis. Hasil analisis menunjukkan bahwa proyek LRT Jabodebek merupakan proyek yang layak untuk dilanjutkan, yang ditunjukkan dengan durasi PP 22,59 tahun, NPV di atas 11 triliun rupiah, PI 1,42, dan IRR 8,09%. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa proyek LRT Jabodebek masih dalam kategori layak setelah dihitung ulang dengan menerapkan beberapa skenario (Hunila, Utomo, & Pradyani, 2023).

4.4.2. Komponen LRT Jakarta

Komponen LRT secara umum terdiri dari komponen Stasiun, Jalur LRT dan Kereta Listrinya. Pengoperasian LRT menggunakan beberapa teknologi canggih, seperti sistem *Communication-Based Train Control* (CBTC) dengan *Grade of Automation* (GoA) level 3, *Automatic Train Protection* (ATP), *U-Shaped Girder* dan *Sandwich panel*. Sistem CBTC GoA Level 3 adalah cara kereta beroperasi secara otomatis berbasis komunikasi tanpa masinis. Kehadiran petugas Train Attendant di dalam kereta untuk kondisi darurat dan pelayanan pelanggan. Sistem ini mengoperasikan kereta berdasarkan jadwal yang diproyeksikan secara otomatis dan diawasi dari pusat kendali operasi atau *Operation Control Center* (OCC). Jika terjadi gangguan, petugas Train Attendant dapat mengambil alih pengoperasian kereta secara manual dengan kecepatan terbatas. LRT Jabodebek mengikuti jadwal yang telah diunggah ke sistem persinyalan di OCC, dan operasinya berjalan otomatis dengan pemantauan dari operator OCC. Keunggulan GoA 3 adalah mengurangi potensi kecelakaan akibat kesalahan manusia, meningkatkan akurasi jadwal kereta, dan mengoptimalkan jadwal perjalanan. Sistem serupa telah digunakan di berbagai negara, seperti Amerika Serikat, Cina, Jepang, Singapura, Spanyol, Inggris, Brazil, dan lainnya. *Automatic Train Protection* (ATP) adalah sistem pada persinyalan kereta yang otomatis mengontrol kecepatan kereta. Jika kereta mendekati sinyal STOP atau melaju terlalu cepat, ATP akan secara otomatis mengurangi kecepatan atau bahkan menghentikan kereta. ATP juga menggunakan teknologi yang menghubungkan perangkat di lokomotif dengan sensor di jalur kereta, sehingga dapat menghindari pelanggaran sinyal yang disebabkan oleh kesalahan masinis.

U-Shaped Girder sebagai Anti Derailment adalah fitur yang mencegah kereta api keluar dari relnya. Fitur ini penting untuk menjaga keamanan operasi kereta api, terutama pada proyek Light Rail Transit (LRT) Jabodebek di Indonesia yang menggunakan konsep U-Shaped Girder. Pengoperasian Anti Derailment pada U-Shaped Girder didasarkan pada desain struktur yang menggabungkan gelagar dan pagar/dinding menjadi satu, membentuk huruf "U". Hal ini membuat struktur U-Shaped Girder menjadi lebih kuat. Ketika terjadi situasi "derailment", yaitu kereta keluar dari relnya, struktur kuat dari U-Shaped Girder mampu menahan kecepatan tinggi dan massa kereta. Dengan demikian, U-Shaped Girder dapat mencegah kereta jatuh dari lintasan dan potensi tabrakan dengan pagar atau dinding gelagar menjadi lebih rendah.

Sandwich Panel adalah bahan konstruksi yang terdiri dari dua lapisan logam yang mengapit lapisan inti yang biasanya terbuat dari bahan isolasi, seperti busa atau bahan serupa. Teknologi ini digunakan dalam konstruksi bangunan untuk menghubungkan elemen struktural. Kelebihan dari penggunaan sandwich panel meliputi keamanan lingkungan karena bahan baku yang ramah lingkungan, kecepatan pengerjaan yang lebih efisien karena tidak memerlukan finishing tambahan, isolasi suara yang tinggi, serta beban yang rendah pada pondasi konstruksi.

4.4.3. Konstruksi LRT Jakarta.

Secara umum LRT Jakarta terdiri dari 3 (tiga) komponen infrastruktur yaitu stasiun, konstruksi rel kereta listrik. Pada pembahasan komponen infrastruktur konstruksi rel LRT dapat diuraikan meliputi: Pekerjaan persiapan, Pekerjaan bored pile, Pekerjaan pile cap, Pekerjaan pier, Pekerjaan pemasangan box girder, Pekerjaan link slab dan expansion joint, dan Pekerjaan parapet. Pada pekerjaan persiapan meliputi survey topografi, pemasangan pagar proyek, pekerjaan pelebaran jalan, pembuatan direksi keet dan gudang, pengujian tanah, dan mobilisasi alat berat. Tahap pertama dalam melakukan pekerjaan bored pile yaitu memasang *casing bored pile* diameter 1,2 m dengan panjang 10 meter. Kemudian dilanjutkan pengeboran lubang, pekerjaan pembesian, dan terakhir pekerjaan pengecoran. Pada pekerjaan bored pile digunakan polimer, volume polimer yang digunakan disamakan dengan volume bored pile (Hery Kristiyanto H. & Naufali, 2023). Dimensi, kedalaman, dan kebutuhan tulangan diperoleh dari gambar yang diberikan oleh PT. Wijaya Karya. Ukuran bore pile diameter 1,2 m kedalaman 42 m dan setiap pier terdiri dari 4 bore pile. Pekerjaan pile cap dapat dilakukan setelah ke-empat bored pile telah selesai dicor dan minimal umur

beton 3 hari. Langkah pertama yaitu melakukan galian sedalam 4,5 meter dengan luasan 5m x 5m. Dimensi pile cap 4,2 x 4,2 m dengan tinggi 2 m (Nurokhman, 2023). Setelah pekerjaan galian selesai dilanjutkan pekerjaan pembobokan kepala bored pile dan pengecoran lantai kerja atau Lean Concrete (LC). Kemudian pekerjaan pembesian dan terakhir pekerjaan pengecoran pile cap. Pekerjaan pier dapat dilakukan setelah umur pile cap minimal 3 hari. Tahap pertama yaitu pembesian pier segmen pertama dilanjutkan pekerjaan pengecoran pier segmen pertama. Setelah itu dilanjutkan pekerjaan pembesian pier segmen kedua dan pengecoran pier segmen kedua. Volume pembesian diperoleh dari gambar yang diberikan oleh PT. Wijaya Karya. Ukuran Pier panjang 2,5 m, lebar 2,5 m tinggi tergantung pada zona apakah melintasi jalan tol, jalan layang atau tidak. Bisa 12 – 15 m. Pekerjaan Box girder yang digunakan precast dan telah diproduksi terlebih dahulu di Subang. Satu span terdiri dari 15 segmen box girder. Dimensi box girder pada satu span tidak sama. Volume beton, pembesian dan strand diperoleh dari shop drawing yang diberikan oleh PT. Wijaya Karya. Ukuran box girder panjang span 40 m, antara pilar dibutuhkan 15 segmen. Pekerjaan Link Slab dan Expansion Joint. Setelah pekerjaan box girder selesai dilanjutkan menutup link slab, pengecoran stopper, dan pekerjaan pemasangan expansion joint. Sambungan antar span terdapat dua macam yaitu Link Slab dan Expansion Joint. Link Slab merupakan sambungan antar span yang akan ditutup dengan tulangan dan kemudian dicor. Pekerjaan Parapet. Setelah sambungan antar span telah ditutup (dengan expansion joint atau link slab) langkah selanjutnya yaitu pekerjaan pembuatan parapet. Pekerjaan parapet adalah pekerjaan yang berkaitan dengan struktur dinding pembatas atau penghalang (barrier) yang digunakan pada bangunan, jalan raya, atap, dan struktur lainnya.

4.5. Analisis Dampak Lingkungan Proyek LRT

Adanya proyek LRT Jakarta selain bertujuan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas di Jakarta sekaligus meningkatkan moda layanan transportasi modern yang terintegrasi dan menjadi opsi masyarakat dalam pemanfaatan moda transportasi. Dalam proses pekerjaan konstruksi yang berada di jalur jalan eksisting tentu akan mengurangi area lajur lalu lintas dan tentu akan berdampak pula pada kemacetan selama masa konstruksi. Proses konstruksi menimbulkan kemacetan lalu lintas yang signifikan, terutama di area dengan volume kendaraan tinggi seperti Jalan Pemuda. Faktor-faktor penyebab kemacetan akibat proyek tersebut, termasuk penyempitan jalan, kurangnya jalur alternatif, serta tingginya penggunaan kendaraan pribadi. Selain itu, ketidakdisiplinan pengemudi dan kurangnya fasilitas jalan turut memperparah kondisi lalu lintas. Pemerintah telah mengambil beberapa langkah untuk mengatasi masalah ini, seperti penerapan kebijakan ganjil-genap, pemberlakuan sistem satu arah, pengembangan transportasi umum, serta pembangunan trotoar. Perlu optimalisasi manajemen lalu lintas, peningkatan layanan transportasi umum, koordinasi lebih baik antara pihak terkait, serta peningkatan kesadaran masyarakat untuk membantu meminimalkan dampak kemacetan (Fanifia, Salsabila, Yudhistira, Yudanto, & Arkan, 2024).

Dari beberapa penelitian sebelumnya terdapat perubahan sebelum dan setelah ada transportasi publik dengan tenaga listrik sistem otomatis seperti bus TransJakarta, MRT, KRL Commuter Line, dan LRT. Menurut (Wahyudi, 2024), rata-rata tingkat polusi udara di Jakarta, Partikulat (PM 2.5) yang merupakan partikel udara yang berukuran lebih kecil dari 2.5 mikron pada Tahun 2017-2020 melebihi 3 kali lipat dari ambang batas konsentrasi yang direkomendasikan WHO. Baku mutu WHO konsentrasi harian PM2.5 adalah yaitu 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini mengakibatkan penduduk di Jakarta menderita masalah kesehatan dan penyakit gangguan pernafasan akibat kualitas udara buruk. Tingginya kendaraan bermotor dan kurangnya pelayanan transportasi publik menyebabkan masyarakat masih memilih menggunakan kendaraan pribadi. Menurut (Wahididiah, et al., 2024), Jakarta memiliki permasalahan polusi udara yang sudah mengakar sejak lama. Dari situs IQAir, Jakarta sebagai kota dengan polusi udara terburuk di dunia. Sebelum adanya peningkatan sektor transportasi publik pada 2015-2016 menurut laporan dari Greenpeace Indonesia rata-rata harian PM2.5 (partikel halus) mencapai 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Tahun BMKG mencatat konsentrasi

PM2.5 di Jakarta sekitar antara 40-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara Indeks Kualitas Udara (AQI) berada pada level sekitar 150-200 yang tidak sehat bagi kelompok sensitif.

Sistem transportasi umum memberikan perubahan masyarakat dari penggunaan kendaraan pribadi ke transportasi umum dapat secara signifikan mengurangi emisi gas rumah kaca, yang sesuai dengan tujuan pembangunan berkelanjutan. Menurut UNEP, konsep *Green Economy* memiliki beberapa prinsip yang diantaranya mengalihkan penggunaan bahan bakar fosil ke energi terbarukan dan rendah emisi; meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan energi; dan mendorong pola hidup yang rendah emisi dan berkelanjutan. Tantangan Jakarta dalam merealisasikan *Net Zero Emission* melalui program rendah karbon terletak pada besaran investasi yang diperlukan untuk melakukan transisi energi. Kebijakan Pemprov Jakarta dalam mewujudkan target di atas antara lain sebanyak 10.047 armada bus listrik akan beroperasi pada tahun 2030. Selain itu target layanan transportasi publik KRL (Kereta Rel Listrik) *Commuter Line*, MRT (*Mass Rapid Transit*), LRT (*Light Rail Transit*) dan kereta cepat serta meningkatkan penggunaan kendaraan listrik.

Jenis layanan transportasi publik Light Rail Transit dengan sumber daya listrik dari bawah kereta yang dioperasikan mulai 2019 dengan fasilitas AC, Modern dan serba otomatis, dengan kapasitas 600 penumpang untuk 18 stasiun Jabodetabek. Saat ini, Jakarta memiliki beberapa moda transportasi berbasis rel lainnya. Ini termasuk Mass Rapid Transit (MRT), Kereta Rel Listrik (KRL) *Commuter Line*, dan Light Rail Transit (LRT). MRT dan KRL mendapatkan listrik dari rel, dengan kapasitas 1.950 dan 2.000 penumpang, sedangkan LRT mendapatkan listrik dari bawah, dengan kapasitas 600 penumpang. Transformasi besar dalam sistem transportasi publiknya. Perubahan ini tidak hanya mencakup pengenalan moda transportasi baru, tetapi juga berbagai inovasi untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keamanan penumpang. Salah satu aspek penting dari transformasi ini adalah upaya untuk mengurangi emisi polusi udara melalui peningkatan penggunaan transportasi publik.

Berbagai jenis transportasi umum darat tersedia di Jakarta banyak keuntungan bagi pengguna, termasuk fleksibilitas, keamanan, dan kenyamanan yang lebih besar. Selain itu, mengurangi penggunaan energi. Hasil pengujian Tahun 2022, bus listrik Transjakarta pengurangan emisi hingga 94%. Jika pengendara sepeda motor juga turut beralih ke bus umum, maka emisi yang bisa dikurangi adalah sebanyak 83% atau angka tersebut bisa bertambah besar lagi apabila pengguna kendaraan bermotor tersebut beralih ke bus listrik yang mana disinyalir pengurangan emisinya bisa mencapai 99,9%. Hasil penelitian Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta Tahun 2019-2020, kualitas udara Jakarta sesudah marak penggunaan transportasi umum terdapat penurunan lebih lanjut dalam tingkat polusi udara. Demikian pula BMKG pada tahun 2023 menunjukkan bahwa rata-rata harian PM2.5 di Jakarta berada di kisaran 30-35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dengan AQI rata-rata harian menurun menjadi sekitar 100-150, yang berarti kualitas udara mulai membaik meskipun belum mencapai level aman sepenuhnya. Jadi Transportasi umum di Jakarta mewujudkan prinsip-prinsip pengurangan emisi karbon, penggunaan energi terbarukan, dan peningkatan efisiensi sumber daya. Transportasi publik dapat menjadi instrumen efektif dalam mencapai tujuan perekonomian hijau dan mengurangi dampak lingkungan.

5. KESIMPULAN

Solusi kemacetan di Jakarta telah dilakukan dengan peningkatan transportasi publik yang murah, terintegrasi dan sistem otomatis berupa Jaklingko, transjakarta, MRT, KRL, LRT. Pembangunan LRT Jakarta dilakukan bertahap sejak 2019 dengan rute sepanjang 5,8 kilometer dari Pegangsaan Dua-Velodrome dan ke Manggarai sepanjang 6,4 km kemudian ke Dukuh Atas. Fase 2 dengan lintas Kelapa Gading-JIS, dan Fase 3 rute Kemayoran-Jakarta International Stadium (JIS)-Kelapa Gading-Velodrome-Klender-Halim. Proyek LRT Jabodebek masih dalam kategori layak diterapkan ditunjukkan dengan durasi *Payback Period* (PP) 22,59 tahun, *Net Present Value* (NPV) di atas 11 triliun rupiah, *Profitability Index* (PI) 1,42, dan *Internal Rate of Return* (IRR) 8,09%. Selama masa

pelaksanaan konstruksi LRT berdampak pada pengurangan lebar jalur jalan yang tentu berdampak sementara kemacetan pada ruas jalan tersebut khususnya pada jam sibuk. Dampak positif layanan teknologi LRT akan mengurangi kemacetan, kemudahan transportasi masyarakat dan mengurai emisi udara

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. N., & K.D., S. P. (2016). *Autonomous Vehicle Technology. A Guide for Policymakers.*
- Edriani, T. S., A. R., & Noor, D. M. (2021-05-17). Analisis Hubungan Kepadatan Penduduk dengan Pola Penyebaran COVID-19 Provinsi DKI Jakarta menggunakan Regresi Robust. *Indonesian Journal of Applied Mathematics*, 51-60.
- Fanifia, F., Salsabila, D. W., Yudhistira, K., Yudanto, L. P., & Arkan, M. T. (2024, October). *Analisis Penyebab Kemacetan Akibat Proyek Pembangunan LRT Jakarta Velodrone - Manggarai.* Retrieved from www.researchgate.net: https://www.researchgate.net/scientific-recruitment/?utm_source=researchgate&utm_medium=community-loggedout&utm_campaign=indextop&_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Hao, J., Duan, L., Zhou, X., & Fu, L. (2001). Application of a LRT Model to Acid Rain Control in China. *Policy Analysis*, 3407-3415.
- Harsono, B. (2019). Analisis Kualitas Pelayanan Publik Pada Kantor Pelayanan Terpadu Satu Pintu Kecamatan Johar Baru Kota Administrasi Jakarta Pusat. *Public Administration Journal*, 20-38.
- Hery Kristiyanto H., N. N., & Naufali, D. (2023). Review Mutu Lapisan Beton FS 45 Pada Ruas Jalan Kokap Kulonprogo. *CivETech*, 5(2), 10–23, 10–23.
- Hidayat, R., Asvaliantina, V., Aji, H. G., Maulana, A. F., Rafiusrani, Q., Sugandi, E. A., & Edianto, A. S. (2024). *Kajian Sosial Ekonomi Integrasi Transportasi Umum Massal Ramah Lingkungan di Kawasan Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi (Jabodetabek).* Jakarta: Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi.
- HINO, M. Z. (2006). Principal Issues to Improve the Urban Transport Problems in Jakarta. *Mem. Fac. Eng*, 31-38.
- Hunila, R. F., Utomo, S., & Pradyani, N. G. (2023). Analisa Kelayakan Investasi Proyek Moda Transportasi Masal Light Rail Transit (LRT) Jabodebek . *Ekonomi, Keuangan, Investasi dan Syariah (EKUITAS)*, 1180–1190 .
- Kato, H., Shiroyama, H., & Fukayama, T. (2008). Process Management in Public Transit Planning: A Case Study of the Light Rail Transit Introduction Project in Toyama, Japan. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*.
- Mohammad, M. (2024, Maret 26). Apa yang Bisa Kita Pelajari dari Pembangunan LRT di Jakarta? *ruangwaktuknowledge*.
- Nurokhman, N. I. (2023). Pengaruh Daya Dukung Tanah Dalam Penentuan Pondasi Bored Pile dan Pile Cap Pada Gedung Bertingkat. *CivETech*, 5(1), , CivETech, 5(1),.
- Ode, A. T., Safar, A., Saudi, A. I., Ampangallo, B. A., Syukuriah, Yunus, A. Y., . . . Rachman, R. M. (2024). *Transportasi Publik*. Makasar: CV. Toha Medika.
-  Dampak Transportasi Sistem *Ligh Rail Transits* terhadap Kemacetan Lalu Lintas dan Emisi Carbon Di Jakarta (Nurokhman¹, Suryanto¹, Singgih Subagyo¹, Wildan Yoqu Madazzaman²) 47

- Shen, L., Jiao, L., he, B., & Li, I. (2015). Evaluation on the utility efficiency of metro infrastructure projects in China from sustainable development perspective. *International Journal of Project Management*, 528-536.
- Sitanggang, R., & Saribanon, E. (2018). Faktor-faktor Penyebab Kemacetan di DKI Jakarta. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik*, 289-296.
- Suyuti, R. (2012). Implementasi “Intelligent Transportation System (ITS)” Untuk Mengatasi Kemacetan. *Konstruksi*, 14-21.
- T., L. (2020). Autonomous Vehicle Implementation Predictions. *Vitoria Transport Policy Institute*.
- Wahiddiyah, N. P., Fadilah, N. R., Zafira, D. Z., Lestari, A. S., Alwafi, M. R., & Yulia, S. (2024). Transportasi Publik Meningkatkan Ekonomi Hijau Secara Berkelanjutan Di Jakarta. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 543-557.
- Wahyudi, A. (2024). Strategi Kebijakan Peningkatan Sektor Transportasi Publik Di Jakarta Menuju Net Zero Emission. *Jurnal Riset Ekonomi*, 557–570.
- Watchefo, & Lydia-Gennet. (2018-10-02). *China in Ethiopia: A Case Study on the Ethio-China Collaborated Light Railway Transit in Addis Ababa, Ethiopia*. Swedia: Uppsala University.