

Pendekatan *Quadruple Helix*: Inovasi *AI Green Light* Pada Sektor Publik DKI Jakarta

Sherly Tri Utami ¹; Herlina Muzanah Zain ^{2*}

^{1,2}Program Studi Ilmu Pemerintahan, Fakultas Ekonomi, Bisnis, dan Ilmu Sosial; Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta; Serlitriutami@gmail.com; herlina.zain@uta45jakarta.ac.id

*Correspondence : Serlitriutami@gmail.com

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas di Jakarta tetap menjadi tantangan meskipun berbagai kebijakan seperti ganjil-genap, pembangunan infrastruktur, dan pengembangan transportasi umum telah diterapkan. Sebagai solusi, Pemprov DKI Jakarta mengimplementasikan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam sistem pemantauan lalu lintas melalui *Network Operation Center (NOC) Intelligent Traffic Light System (ITS)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta (Google), akademisi, dan masyarakat (*Quadruple Helix*) dapat mendukung implementasi inovasi *AI Green Light* di DKI Jakarta. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif deskriptif, dengan wawancara dan studi literatur sebagai teknik pengumpulan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Quadruple Helix* efektif dalam menciptakan solusi inovatif, dengan setiap aktor berperan penting dalam mengoptimalkan pengaturan lalu lintas, meningkatkan efisiensi bahan bakar, mengurangi emisi karbon, dan memperbaiki kualitas udara. Kesimpulannya, kolaborasi antar aktor ini tidak hanya membantu mengurangi kemacetan, tetapi juga menciptakan sistem transportasi yang lebih ramah lingkungan, aman, dan nyaman bagi pengguna jalan di Jakarta.

Kata kunci

AI Green Light, Inovasi, Kolaborasi, Quadruple Helix.

ABSTRACT

Traffic congestion in Jakarta remains a significant challenge despite various policies, such as the odd-even system, infrastructure development, and public transportation improvements. To address this, the DKI Jakarta Provincial Government has implemented artificial intelligence (AI) technology in traffic monitoring systems through the *Network Operation Center (NOC) Intelligent Traffic Light System (ITS)*. This study aims to explore how collaboration among government, private sector (Google), academia, and society (*Quadruple Helix*) supports the implementation of the *AI Green Light* innovation in Jakarta. A qualitative descriptive approach was used, with interviews and literature reviews as data collection methods. The findings indicate that the *Quadruple Helix* model is effective in fostering innovative solutions, with each actor playing a vital role in optimizing traffic management, improving fuel efficiency, reducing carbon emissions, and enhancing air quality. In conclusion, the collaboration among these actors not only helps alleviate congestion but also creates a more environmentally friendly, safer, and more comfortable transportation system for road users in Jakarta.

Keywords

AI Green Light, Innovation, Collaboration, Quadruple Helix

Pendahuluan

Kemacetan lalu lintas di wilayah metropolitan seperti Jakarta merupakan permasalahan yang kompleks dan terus berkembang. Seiring dengan meningkatnya populasi dan jumlah kendaraan pribadi, beban transportasi di Jakarta semakin berat, yang berdampak pada meningkatnya emisi karbon, pemborosan bahan bakar, serta kerugian ekonomi yang signifikan (Khayu Rohmi, 2023; Sandi, 2023). Menurut laporan *Republika.co.id*, indeks kemacetan DKI Jakarta mengalami peningkatan dari peringkat 46 menjadi peringkat 29 kota terpadat di dunia, dengan tingkat kemacetan rata-rata mencapai 53% (Hapsari, 2023). Berbagai kebijakan telah diterapkan oleh Pemerintah Provinsi (Pemprov) DKI Jakarta, seperti sistem ganjil-genap, pembangunan infrastruktur jalan, serta pengembangan transportasi publik (Indraswari, 2023). Namun, upaya ini masih belum mampu secara efektif mengatasi permasalahan kemacetan lalu lintas yang terus berlanjut.

Salah satu pendekatan inovatif yang mulai diterapkan adalah pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) dalam sistem pengendalian lalu lintas, melalui proyek Green Light hasil kolaborasi Pemprov DKI Jakarta dengan Google Indonesia (Budiartawan, 2023). Project Green Light menggunakan AI untuk menganalisis pola lalu lintas, meminimalkan waktu tunggu kendaraan di persimpangan, serta mengoptimalkan sinyal lampu lalu lintas secara dinamis berdasarkan kondisi lalu lintas yang sebenarnya (Helllen, 2023). Dengan memanfaatkan data lokasi anonim dari sistem navigasi, AI mampu menghitung metrik arus lalu lintas dan memberikan rekomendasi penyesuaian yang lebih akurat dan efisien. Penerapan inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi transportasi, mengurangi kemacetan, serta mendukung kebijakan transportasi berkelanjutan di Jakarta.

Untuk memastikan keberhasilan implementasi inovasi AI dalam manajemen lalu lintas, dibutuhkan pendekatan kolaboratif yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Dalam konteks ini, model Quadruple Helix menjadi relevan sebagai kerangka inovasi yang mengintegrasikan peran pemerintah, akademisi, industri, dan masyarakat sipil (Kunwar, 2024). Model ini memperluas kerangka Triple Helix tradisional dengan memasukkan masyarakat sebagai aktor utama, sehingga memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap kebutuhan publik dalam inovasi kebijakan transportasi (Vallance et al., 2020). Melalui Quadruple Helix, kolaborasi antara Unit Pengelola Sistem Pengendalian Lalu Lintas (UP SPLL) Dishub DKI Jakarta, Google Indonesia, akademisi, serta masyarakat dapat menciptakan solusi inovatif yang lebih inklusif dan berbasis data dalam mengatasi permasalahan kemacetan lalu lintas (Yohan Fitriadi, 2022).

Quadruple Helix juga menekankan pentingnya produksi pengetahuan bersama dalam inovasi perkotaan, di mana pemangku kepentingan berbagi data dan sumber daya untuk mengembangkan solusi yang lebih efektif (Carayannis et al., 2012; Asheim et al., 2011; Dubina et al., 2011; Lee & Rodríguez-Pose, 2013; Qian, 2016; Vlaisavljevic et al., 2020)

Kolaborasi ini memungkinkan kota-kota besar seperti Jakarta untuk mengadopsi kebijakan transportasi yang berbasis bukti, serta meningkatkan kesadaran dan keterlibatan masyarakat dalam manajemen lalu lintas. Lebih lanjut, perspektif keberlanjutan dalam Quadruple Helix sejalan dengan tujuan perencanaan kota modern yang berorientasi pada pengurangan dampak lingkungan (Wang & Qiu, 2023; Yiğitcanlar & Bulu, 2016; Yun & Liu, 2019; Carayannis & Campbell, 2010). Pendekatan ini sangat relevan dalam konteks Jakarta, di mana kebijakan transportasi yang berkelanjutan dapat membantu mengurangi polusi udara serta meningkatkan efisiensi mobilitas perkotaan.

Dalam penelitian terdahulu, pendekatan Quadruple Helix telah terbukti efektif dalam mempercepat inovasi di sektor publik dan meningkatkan keterlibatan berbagai aktor dalam proses pengambilan kebijakan (Firmansyah, 2021; Ramdhani, 2020). Dalam konteks Jakarta, implementasi model ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas kebijakan pengelolaan lalu lintas berbasis AI serta menciptakan lingkungan transportasi yang lebih adaptif terhadap kebutuhan masyarakat. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang lebih menyoroti peran Quadruple Helix dalam aspek ekonomi dan kebijakan inovasi umum, studi ini berfokus pada penerapannya dalam konteks transportasi perkotaan, khususnya dalam implementasi AI Green Light sebagai solusi kemacetan di Jakarta.

Oleh karena itu, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis keterlibatan berbagai pemangku kepentingan dalam penerapan inovasi AI Green Light di sektor publik DKI Jakarta. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kendala-kendala yang dihadapi dalam proses implementasi, serta mengusulkan solusi yang dapat diterapkan guna mengatasi tantangan yang ada. Implikasi dari penelitian ini mencakup pemahaman yang lebih dalam mengenai dinamika kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat dalam penerapan teknologi AI untuk manajemen lalu lintas. Lebih lanjut, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan inovasi AI di sektor publik di Jakarta maupun kota-kota lainnya, serta memberikan rekomendasi praktis bagi pengambil kebijakan dan praktisi dalam mengoptimalkan pemanfaatan teknologi untuk mengatasi tantangan kemacetan dan polusi udara.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif. Jenis data yang digunakan mencakup data primer dan sekunder. Data primer diperoleh langsung dari objek penelitian melalui wawancara mendalam. Sumber data primer dalam penelitian ini berasal dari Kantor Unit Pengelola Sistem Pengendalian Lalu Lintas (UP SPLL) Dinas Perhubungan (Dishub) DKI Jakarta. Informan utama adalah Alfin Mauliddin, Staf UP SPLL Dishub DKI Jakarta, yang terlibat langsung dalam koordinasi dengan pihak Google Indonesia selama pelaksanaan proyek ini. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai

sumber tertulis, seperti buku dan artikel di situs-situs internet yang relevan dengan topik yang diteliti, khususnya mengenai kolaborasi model Quadruple Helix dan penerapan teknologi AI dalam inovasi sistem lampu lalu lintas (AI Green Light) pada sektor publik.

Metode analisis data dalam penelitian ini meliputi tiga tahapan, yaitu reduksi data, penyajian data, analisis data, dan verifikasi/penarikan kesimpulan. Reduksi data dilakukan untuk menyaring informasi yang relevan sesuai dengan fokus penelitian. Penyajian data dilakukan dalam bentuk narasi deskriptif guna memahami pola kolaborasi dalam model Quadruple Helix. Analisis data melibatkan proses interpretasi mendalam terhadap keterlibatan masing-masing aktor dalam implementasi AI Green Light. Akhirnya, verifikasi dan penarikan kesimpulan dilakukan untuk merumuskan temuan utama yang dapat berkontribusi pada pengembangan inovasi transportasi berbasis AI di sektor publik. Validasi data dilakukan melalui triangulasi sumber dan metode. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi dari wawancara dengan data sekunder yang diperoleh dari dokumen tertulis, laporan penelitian, serta artikel ilmiah yang relevan. Sementara itu, triangulasi metode dilakukan dengan mengombinasikan teknik wawancara mendalam dengan analisis dokumen guna meningkatkan validitas dan keandalan temuan penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, kolaborasi Quadruple Helix dalam implementasi AI Green Light di Jakarta melibatkan peran yang khas dari keempat aktor (pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat). Temuan utama penelitian ini mencakup bagaimana masing-masing aktor berkontribusi dalam mendukung inovasi, serta tantangan yang dihadapi selama proses tersebut.

1. Peran Pemerintah dalam Implementasi AI Green Light

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta – melalui Dinas Perhubungan dan khususnya UP SPLL – memiliki peran utama sebagai regulator sekaligus fasilitator dalam proyek AI Green Light. Pemerintah bertanggung jawab memastikan penyediaan infrastruktur pendukung (seperti perangkat traffic light adaptif dan akses data) serta menjamin bahwa implementasi teknologi ini sejalan dengan kebijakan transportasi yang berlaku. Pemerintah juga mengawasi proses pengumpulan dan analisis data agar sesuai dengan prinsip transparansi serta tujuan keberlanjutan. Menurut wawancara dengan Alfin Mauliddin (Staf UP SPLL Dishub DKI Jakarta)

“Kami memastikan bahwa seluruh perangkat dan sistem AI terintegrasi dengan sistem transportasi yang ada, sehingga dapat bekerja secara optimal” (Wawancara, Mei 2024)

UP SPLL DKI Jakarta memainkan peran kunci dalam penerapan inovasi AI Green Light ini (Wardani, 2022). Dalam proyek tersebut, UP SPLL bekerja sama langsung dengan tim Google untuk mengimplementasikan teknologi AI yang mampu mengatur durasi lampu lalu lintas berdasarkan analisis data *real-time* yang disediakan oleh Google. Melalui sistem AI tersebut, durasi nyala lampu hijau di

setiap kaki persimpangan dapat disesuaikan secara dinamis untuk mengoptimalkan arus kendaraan. Berdasarkan keterangan informan dari UP SPLL, mekanisme kerjanya adalah:

“...Nantinya, AI dari Google akan melakukan analisis mengenai kepadatan lalu lintas secara langsung (real-time). Secara garis besar, Google akan menggunakan teknologi AI mereka untuk menganalisis volume lalu lintas di persimpangan dan merekomendasikan waktu nyala hijau yang optimal di masing-masing kaki persimpangan.” (Wawancara, Mei 2024)

Pernyataan tersebut menggambarkan bahwa pemerintah menyediakan kerangka regulasi dan koordinasi sehingga teknologi AI dapat dioperasikan untuk mendukung pengelolaan lalu lintas yang lebih efisien dan responsif. Implementasi awal teknologi AI ini mencakup 20 persimpangan di Jakarta pada pertengahan 2023 (Kompas, 2023). Sistem AI di lampu-lampu lalu lintas tersebut mampu “melihat” jalur mana yang volume kendaraannya paling padat, sehingga jalur tersebut diprioritaskan mendapatkan lampu hijau lebih lama. Bahkan, teknologi ini memungkinkan memberikan prioritas lampu hijau bagi angkutan umum seperti bus TransJakarta yang mendekati persimpangan. Hal ini menunjukkan peran strategis pemerintah dalam memfasilitasi penerapan inovasi secara terukur di lapangan, sekaligus memastikan manfaatnya dapat dirasakan oleh publik luas.

2. Keterlibatan Sektor Swasta (Google Indonesia)

Sebagai mitra teknologi utama, Google Indonesia berperan menyediakan sistem AI dan keahlian teknis untuk mendukung analisis data lalu lintas secara real-time. Teknologi *machine learning* dan komputasi awan (cloud) dari Google digunakan untuk menyesuaikan durasi nyala lampu lalu lintas secara optimal, sehingga membantu mengurai kemacetan dan meningkatkan efisiensi perjalanan kendaraan. Data sekunder dari laporan proyek menunjukkan bahwa penerapan teknologi AI ini mampu mengurangi waktu tunggu kendaraan di persimpangan hingga sekitar 20% dibandingkan dengan sistem konvensional sebelumnya. Bahkan, hasil uji coba global Google mencatat potensi penurunan frekuensi berhenti (stop-and-go) hingga 30% dan penurunan emisi di persimpangan hingga 10% (Google, 2024). Pencapaian ini sejalan dengan contoh keberhasilan Project Green Light di kota lain; misalnya, di Bengaluru (India), implementasi serupa dilaporkan meningkatkan efisiensi lalu lintas sekitar 20% dari kondisi normal (cloudcomputing.id, 2022). Di Jakarta, Google tidak hanya memasok teknologi, tetapi juga aktif berkoordinasi dengan pemerintah daerah untuk menyesuaikan sistem AI dengan kebutuhan lokal. Google Indonesia bertanggung jawab memantau kinerja sistem dan melakukan penyesuaian algoritma agar dapat beradaptasi dengan pola lalu lintas Jakarta yang dinamis. Temuan ini konsisten dengan studi Nguyen dan Marquès (2021) yang menunjukkan bahwa keterlibatan sektor swasta dalam model Quadruple Helix dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas implementasi teknologi dalam kebijakan publik.

3. Kontribusi Akademisi dalam Pengembangan Inovasi

Kalangan akademisi dari institusi pendidikan turut berkontribusi dalam penelitian dan pengembangan AI Green Light, meskipun perannya tidak selalu tampak langsung di lapangan. Akademisi menyediakan landasan teori, metodologi, serta evaluasi ilmiah terhadap implementasi sistem AI ini. Misalnya, pakar transportasi dan teknologi informasi dari universitas dapat dilibatkan untuk mengkaji efektivitas algoritma AI, menganalisis dampak kebijakan, dan memberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan data. Keterlibatan akademisi memungkinkan pengembangan sistem yang lebih adaptif dan berbasis riset, karena mereka menerapkan metode ilmiah dan analisis kritis dalam proses inovasi. Selain itu, akademisi dapat bertindak sebagai mediator yang menjembatani para pemangku kepentingan (pemerintah, industri, dan masyarakat) dengan komunitas ilmiah. Dengan peran tersebut, akademisi memastikan bahwa inovasi yang dikembangkan memiliki dasar teori yang kuat serta implementasi yang tepat sasaran. Sebagai contoh, kolaborasi dengan perguruan tinggi dapat membantu merancang indikator kinerja kunci (KPI) untuk mengukur keberhasilan AI Green Light atau melakukan survei dampak sosialnya. Hal ini memperkaya proses inovasi dan membantu menyesuaikan teknologi dengan konteks lokal. Keterlibatan akademisi dalam proyek berbasis AI seperti ini sejalan dengan pandangan bahwa partisipasi lembaga penelitian dapat meningkatkan kualitas inovasi dan mendorong *knowledge transfer* antar-aktor Quadruple Helix (Miller et al., 2016; Carayannis & Grigoroudis, 2016)

4. Partisipasi Masyarakat dalam Pemanfaatan AI Green Light

Masyarakat berperan sebagai pengguna akhir (*end users*) yang merasakan dampak langsung dari inovasi AI Green Light. Partisipasi masyarakat terwujud secara tidak langsung melalui kontribusi data anonim lokasi yang dikumpulkan oleh aplikasi navigasi (misalnya Google Maps) yang mereka gunakan. Data lokasi agregat dari ribuan pengendara inilah yang menjadi bahan baku analisis AI untuk mengoptimalkan lampu lalu lintas. Selain itu, masyarakat turut berperan melalui pemberian umpan balik (feedback) atas implementasi sistem AI tersebut. Menurut wawancara dengan seorang pengemudi di Jakarta,

"Saya merasa perjalanan saya lebih lancar setelah penerapan sistem AI ini, terutama di jam-jam sibuk," (Wawancara, Mei 2024)

Pernyataan tersebut mengindikasikan kepuasan pengguna jalan terhadap perubahan pengaturan lampu lalu lintas. Umpan balik seperti ini penting bagi evaluasi program, karena memberikan perspektif pengguna mengenai kelebihan dan kekurangan di lapangan. Partisipasi masyarakat juga dapat berupa dukungan terhadap kebijakan inovatif ini, misalnya dengan bersedia mematuhi rambu-rambu baru atau mengikuti sosialisasi penggunaan teknologi. Studi Prayudi et al. (2020) menegaskan bahwa pelibatan masyarakat dalam kebijakan berbasis teknologi dapat meningkatkan kesadaran publik dan dukungan terhadap inovasi yang diterapkan, yang pada akhirnya berkontribusi pada keberhasilan implementasi kebijakan

tersebut. Dalam konteks Quadruple Helix, masyarakat bukan lagi objek pasif dari kebijakan, melainkan menjadi salah satu pilar kolaborasi yang memberikan masukan berharga demi penyempurnaan inovasi.

5. Tantangan dan Hambatan dalam Implementasi AI Green Light

Meskipun kolaborasi Quadruple Helix di Jakarta menunjukkan hasil yang menjanjikan, terdapat beberapa tantangan dan hambatan yang perlu dikelola. Beberapa tantangan utama dalam penerapan AI Green Light meliputi aspek teknis, kelembagaan, dan sosial. Dari sisi teknis, tantangan yang dihadapi antara lain terkait pengelolaan algoritma AI dan ketergantungan pada infrastruktur digital. Sistem AI memerlukan data lalu lintas yang komprehensif dan pembaruan algoritma yang berkesinambungan. Jika kualitas data kurang baik atau terjadi kendala pada infrastruktur komunikasi (jaringan internet, sensor, dsb.), kinerja AI dapat terganggu. Kendala ini disadari oleh pihak implementator; menurut informasi dari informan UP SPL, sebenarnya tidak ada kendala signifikan dalam penerapan, selain kebutuhan untuk terus mengevaluasi dan menyesuaikan algoritma secara berkala. Ia menyatakan:

"...Mengenai kendala, tidak ada kendala yang signifikan. Hanya saja, dalam penerapannya, kendala yang ada hanyalah masalah pengelolaan algoritma. Saat pemrosesan algoritma inilah nantinya akan dievaluasi apakah ada perubahan peningkatan kinerja dari sebelum dan sesudah (penerapan AI) atau tidak." (Wawancara, Mei 2024)

Pernyataan tersebut mengindikasikan bahwa tantangan teknis dapat diatasi melalui proses evaluasi dan penyesuaian terus-menerus. Evaluasi berkala oleh tim Google dan Dishub memastikan bahwa jika kinerja sistem belum optimal, parameter algoritma dapat disempurnakan. Tantangan lain adalah koordinasi antar pemangku kepentingan. Kolaborasi multiaktor membutuhkan komunikasi intensif dan penyelarasan tujuan yang mungkin tidak selalu mulus. Perbedaan kepentingan atau birokrasi antar lembaga bisa menjadi hambatan. Namun, sinergi melalui kerangka Quadruple Helix membantu menciptakan forum bersama untuk menyelesaikan perbedaan tersebut. Menurut Carayannis et al. (2012), kemitraan erat antara pemerintah dan sektor swasta dalam model Quadruple Helix sangat penting untuk mengatasi rintangan implementasi teknologi di sektor publik.

Temuan penelitian ini sejalan dengan pandangan tersebut, koordinasi Dishub dengan Google sebagai penyedia teknologi menjadi kunci menyelesaikan masalah teknis dengan cepat. Selain itu, membangun kepercayaan di antara keempat aktor juga menjadi faktor penentu keberhasilan. Masing-masing pihak harus saling percaya dalam berbagi data, mengambil keputusan, dan berbagi tanggung jawab. Hal ini selaras dengan temuan Miller et al. (2016) yang menekankan bahwa kepercayaan adalah faktor kunci dalam transfer pengetahuan di ekosistem Quadruple Helix. Dalam kasus Jakarta, kepercayaan terbangun seiring dengan transparansi proses (misalnya hasil analisis AI dapat diakses dan dievaluasi bersama) dan bukti keberhasilan awal di lapangan.

Secara keseluruhan, implementasi AI Green Light di Jakarta menunjukkan bahwa dengan kerangka kolaborasi Quadruple Helix, berbagai hambatan dapat diatasi melalui sinergi aktor. Lebih jauh, jika dilihat dari perspektif yang lebih luas,

diskusi mengenai model Quadruple Helix dalam konteks inovasi pengelolaan lalu lintas menunjukkan potensi yang signifikan. Model ini melibatkan empat aktor utama (pemerintah, akademisi, industri, dan masyarakat) dalam satu ekosistem inovasi. Kolaborasi erat antara keempat aktor tersebut memungkinkan terciptanya solusi yang lebih responsif terhadap kebutuhan masyarakat dan berbasis data. Interaksi multi-aktor dalam Quadruple Helix menghasilkan kebijakan dan program yang lebih efektif karena setiap pemangku kepentingan dapat memberikan masukan sesuai bidang dan kepentingannya.

Dalam konteks pengelolaan lalu lintas, hal ini berarti solusi yang dihasilkan tidak hanya berbasis teori semata, tetapi juga mempertimbangkan pengalaman lapangan dan kebutuhan nyata pengguna jalan. Pandangan ini sejalan dengan pendapat Nguyen dan Marquès (2021) yang menekankan pentingnya partisipasi masyarakat sebagai pengguna akhir dalam menentukan keberhasilan solusi teknologi transportasi. Selain menghasilkan solusi yang lebih relevan, penerapan model Quadruple Helix mendorong inovasi berkelanjutan. Keterlibatan akademisi dan industri memungkinkan pengembangan teknologi baru yang lebih kreatif, sementara masukan masyarakat memastikan inovasi tersebut dapat diterima dan dimanfaatkan. Carayannis dan Grigoroudis (2016) menyebut bahwa pendekatan Quadruple Helix dapat meningkatkan proses penemuan berbasis konteks lokal, yang menghasilkan eksperimen-eksperimen dan temuan baru untuk mendorong inovasi.

Dalam kasus AI Green Light, hal ini bisa berupa pengembangan aplikasi pendukung, misalnya integrasi sistem AI dengan aplikasi pemetaan rute bagi warga, atau inovasi lain seperti sensor murah berbasis komunitas untuk melengkapi data lalu lintas. Terakhir, kolaborasi Quadruple Helix juga memberikan ruang bagi inovasi sosial yang turut berkontribusi mengurangi kemacetan. Misalnya, kolaborasi lintas aktor dapat melahirkan inisiatif berbasis komunitas untuk mendorong penggunaan transportasi umum atau pola *car pooling* di masyarakat. Menurut Prayudi et al. (2020), kolaborasi multi-aktor dalam masyarakat dapat menghasilkan solusi yang lebih inklusif dan berkelanjutan bagi perkotaan. Inisiatif sosial semacam ini, jika didukung data dan teknologi (misalnya platform berbagi tumpangan yang terintegrasi dengan sistem transportasi kota), akan semakin efektif. Dengan demikian, Quadruple Helix tidak hanya berperan dalam aspek teknologinya saja, tetapi juga membuka peluang perubahan perilaku masyarakat ke arah yang mendukung pengurangan kemacetan.

Kesimpulan

Penelitian ini menyoroti inovasi AI Green Light sebagai solusi berbasis kecerdasan buatan yang dikembangkan melalui kolaborasi UP SPLL Dishub DKI Jakarta dengan Google Indonesia untuk mengatasi permasalahan kemacetan lalu lintas dan polusi udara di Jakarta. Implementasi teknologi ini memungkinkan sistem

lampu lalu lintas bekerja secara adaptif, sehingga dapat mengoptimalkan pengaturan waktu sinyal lalu lintas berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Hasil awal menunjukkan bahwa inovasi ini berkontribusi dalam meningkatkan kelancaran lalu lintas serta mengurangi emisi karbon, yang secara langsung berdampak pada perbaikan kualitas udara kota dan efisiensi bahan bakar kendaraan. Secara praktis, penelitian ini memberikan wawasan bahwa pendekatan Quadruple Helix, yang melibatkan pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat, merupakan model kolaborasi yang efektif dalam mengimplementasikan inovasi teknologi di sektor publik. Sinergi antar pemangku kepentingan tidak hanya mampu mengurai kemacetan, tetapi juga menciptakan sistem transportasi yang lebih berkelanjutan dan berorientasi pada kebutuhan masyarakat. Meskipun demikian, terdapat keterbatasan dalam penelitian ini, terutama karena implementasi AI Green Light masih berada pada tahap awal. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi dampak jangka panjang, potensi perbaikan, serta tantangan implementasi dalam cakupan yang lebih luas. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan kebijakan transportasi yang lebih berbasis data dan berorientasi pada inovasi teknologi.

Referensi

- Agungnoe. (2023). Menilik potensi pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dalam ragam sektor di Indonesia. *Universitas Gajah Mada*.
<https://ugm.ac.id/id/berita/menilik-potensi-pemanfaatan-artificial-intelligence-ai-dalam-ragam-sektor-di-indonesia/>
- Alfianto, R. (2023). Atasi macet, Google sukses uji coba lampu lalu lintas berteknologi AI di beberapa negara ini. *Jawaspos.com*.
<https://www.jawaspos.com/teknologi/013069920/atasi-macet-google-sukses-uji-coba-lampu-lalu-lintas-berteknologi-ai-di-beberapa-negara-ini>
- Alfrialdi, R. (2022). Project Green Light: Inovasi kecerdasan pintar Google untuk meminimalisir macet dan polusi di Jakarta. *Cxomedia.id*.
<https://www.cxomedia.id/general-knowledge/20221209134259-55-177402/project-green-light-inovasi-kecerdasan-pintar-google-untuk-meminimalisir-macet-dan-polusi-di-jakarta>
- Asheim, B., Boschma, R., & Cooke, P. (2011). Constructing regional advantage: platform policies based on related variety and differentiated knowledge bases. *Regional Studies*, 45(7), 893-904. <https://doi.org/10.1080/00343404.2010.543126>
- Bayu. (2023). Google Green Light sukses pecahkan masalah lalu lintas. *Oatekno.com*.
<https://oatekno.com/google-green-light-sukses-pecahkan-masalah-lalu-lintas/>
- Budiartawan. (2023). Penerapan kecerdasan buatan untuk mengatasi kemacetan di ibu kota. *Universitas Pendidikan Ganesha*.
<https://upttik.undiksha.ac.id/penerapan-kecerdasan-buatan-untuk-mengatasi-kemacetan-di-ibu-kota/>

- Carayannis, E., & Campbell, D. (2010). Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41-69. <https://doi.org/10.4018/jsesd.2010010105>
- Carayannis, E., & Grigoroudis, E. (2016). Quadruple innovation helix and smart specialization: Knowledge production and national competitiveness. *Foresight and STI Governance*, 10(1), 31-42. <https://doi.org/10.17323/1995-459x.2016.1.31.42>
- Carayannis, E., Barth, T., & Campbell, D. (2012). The quintuple helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(1), 2. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>
- Cloudcomputing. (2022, December 8). *Dishub DKI Jakarta Manfaatkan AI dalam Mengurai Kemacetan*. Retrieved from <https://www.cloudcomputing.id/berita/dishub-jakarta-manfaatkan-ai-mengurai-kemacetan>
- Diah Ayu Wardani, N. F. (2022). Mengenal proyek Green Light, pengurai kemacetan berteknologi AI garapan Dishub DKI Jakarta bersama Google. *Voi.id*. <https://voi.id/berita/236058/mengenal-proyek-green-light-pengurai-kemacetan-berteknologi-ai-garapan-dishub-dki-bersama-google>
- Dubina, I., Carayannis, E., & Campbell, D. (2011). Creativity economy and a crisis of the economy? coevolution of knowledge, innovation, and creativity, and of the knowledge economy and knowledge society. *Journal of the Knowledge Economy*, 3(1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s13132-011-0042-y>
- Google. (2024, July 29). *Google Research: How Project Green Light uses AI to reduce gas emissions*. <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/google-ai-project-greenlight/>
- Hapsari, N. E. (2023, April). Indeks kemacetan Jakarta naik, posisi berapa di dunia? *Republika.co.id*. <https://news.republika.co.id/berita/rsn0az478/indeks-kemacetan-jakarta-naik-posisi-berapa-di-dunia>
- Hellen. (2023). Wow, terobosan baru! Bisakah AI ubah masa depan lebih maju? Mengulas Project Green Light dari Google. *Sumeks Radio News*. <https://sumeksradio.disway.id/read/6230/wow-terobosan-baru-bisakah-ai-ubah-masa-depan-lebih-maju-mengulas-project-green-light-dari-google>
- Indraswari, D. L. (2023). Kemacetan di Jakarta yang kian sulit dihindari. *Kompas.id*. <https://www.kompas.id/baca/riset/2023/03/23/kemacetan-di-jakarta-yang-kian-sulit-dihindari>
- Khayu Rohmi. (2023). Analisis kebijakan mengatasi kemacetan di DKI Jakarta dengan metode analisis hirarki proses. *Journal of Law and Administrative Science*, 1(1), 37-51. <https://doi.org/10.33478/jlas.v1i1.2>
- Kompas. (2023, July 4). *20 Titik Lampu Lalu Lintas di DKI Pakai AI Google, Jika Lalin Padat Lampu Hijaunya Lebih Lama*. <https://www.kompas.tv/regional/422269/20-titik-lampu-lalu-lintas-di-dki-pakai-ai-google-jika-lalin-padat-lampu-hijaunya>

