

Implikasi Perkembangan Guna Lahan Terhadap Kerusakan Jalan Soekarno-Hatta Di Kelurahan Bontang Lestari Kota Bontang

Implications of Land-Use Development on Road Degradation in Soekarno-Hatta Road, Bontang Lestari Subdistrict, Bontang City

Iqbal Fahmi Amrulloh^{1*}, Agus Salim², Nasrullah²

¹Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kota Bontang

²Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Program Pascasarjana, Universitas Bosowa

Diterima: 12 Januari 2025/Disetujui 30 Juni 2025

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak perubahan tata guna lahan dan peningkatan volume kendaraan terhadap kerusakan Jalan Soekarno-Hatta di Kelurahan Bontang Lestari, Kota Bontang, Kalimantan Timur. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan teknik analisis data meliputi analisis kuantitatif (deskriptif statistik, indeks kerusakan jalan, dan beban lalu lintas), analisis kualitatif (kebijakan dan SWOT), serta analisis spasial berbasis citra satelit Sentinel-2 dan Sistem Informasi Geografis (GIS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa 30% ruas jalan mengalami kerusakan berat hingga sedang, terutama disebabkan oleh peningkatan volume kendaraan berat yang melebihi kapasitas desain awal, perubahan tata guna lahan (penambahan 23,7% lahan terbangun dalam 6 tahun), dan faktor lingkungan seperti longsoran bahu jalan. Analisis SWOT mengidentifikasi kekuatan seperti potensi teknologi digital dan dukungan kebijakan, namun juga kelemahan seperti keterbatasan anggaran dan koordinasi antar instansi. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian merekomendasikan strategi terintegrasi, termasuk pembangunan jalur alternatif untuk kendaraan berat, perbaikan sistem drainase, penegakan regulasi beban kendaraan, rehabilitasi jalan, serta pemanfaatan teknologi pemantauan real-time. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas infrastruktur jalan, mendukung mobilitas berkelanjutan, dan memperkuat pertumbuhan ekonomi di Bontang Lestari.

Kata kunci: Kerusakan Jalan, Tata Guna Lahan, Volume Kendaraan, Analisis SWOT, Bontang Lestari.

Abstract. This study aims to analyze the impact of land-use changes and increased vehicle volume on road degradation along Soekarno-Hatta Road in Bontang Lestari Subdistrict, Bontang City, East Kalimantan. The research employs a quantitative descriptive approach, utilizing data analysis techniques such as quantitative analysis (descriptive statistics, pavement condition index, and traffic load analysis), qualitative analysis (policy evaluation and SWOT analysis), and spatial analysis based on Sentinel-2 satellite imagery and Geographic Information Systems (GIS). The findings reveal that 30% of the road sections suffer from moderate to severe damage, primarily due to heavy vehicle traffic exceeding the road's initial design capacity, land-use changes (a 23.7% increase in built-up areas over six years), and environmental factors such as shoulder landslides. The SWOT analysis identifies strengths such as digital technology potential and policy support, alongside weaknesses like budget constraints and inter-agency coordination issues. Based on these findings, the study recommends integrated strategies, including the construction of alternative routes for heavy vehicles, drainage system improvements, stricter enforcement of vehicle load regulations, road rehabilitation, and the adoption of real-time monitoring technology. The implementation of these strategies is expected to enhance road infrastructure quality, support sustainable mobility, and strengthen economic growth in Bontang Lestari.

Key Words: Road degradation, land-use change, traffic volume, SWOT analysis, Bontang Lestari



This Work is licensed under Creative Attribution License 4.0 CC-BY International license

Pendahuluan

Kota Bontang yang terletak di Provinsi Kalimantan Timur terus mengalami pertumbuhan wilayah yang pesat, baik dari segi kependudukan maupun aktivitas ekonomi. Salah satu aspek penting dalam dinamika pembangunan tersebut adalah perubahan guna lahan, terutama di kawasan seperti Kelurahan Bontang Lestari. Perubahan fungsi lahan yang semula bersifat perumahan atau lahan kosong menjadi kawasan industri, perkantoran, maupun perdagangan

berdampak signifikan terhadap kondisi infrastruktur, khususnya jalan. Jalan Soekarno-Hatta sebagai jalur utama penghubung kawasan ini menjadi titik krusial yang terdampak oleh perubahan tersebut.

Peningkatan intensitas pembangunan dan aktivitas lalu lintas di sekitar Jalan Soekarno-Hatta tidak hanya mengubah pola penggunaan lahan, tetapi juga mempercepat laju kerusakan jalan. Penelitian terbaru menyatakan bahwa perubahan tata guna lahan di kawasan urban berimplikasi

langsung terhadap beban struktural pada infrastruktur jalan karena peningkatan volume kendaraan dan aktivitas logistik (Ahasan, 2022; Dell'Anna et al., 2021). Dalam konteks perkotaan yang berkembang pesat, penting untuk memahami bagaimana tata guna lahan yang tidak terkendali dapat memperburuk kondisi jalan dan menimbulkan risiko sosial-ekonomi yang lebih luas.

Kerusakan jalan yang terjadi di Kota Bontang, khususnya di Jalan Soekarno-Hatta, mencakup berbagai bentuk seperti retak, lubang, hingga deformasi struktural yang signifikan. Beberapa studi, menunjukkan bahwa kerusakan jalan berkaitan erat dengan peningkatan kendaraan berat akibat perubahan fungsi lahan yang mendorong aktivitas ekonomi intensif (Rofika et al., 2022; Abiansyah & Rifai, 2020). Fenomena ini seringkali diperburuk oleh kurangnya perencanaan tata ruang yang mempertimbangkan kapasitas beban jalan dan umur desain infrastruktur.

Dampak dari kerusakan jalan tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga memengaruhi aspek ekonomi, keselamatan pengguna, dan efisiensi transportasi. Menurut penelitian, kondisi jalan yang buruk dapat meningkatkan biaya operasional kendaraan, memperbesar risiko kecelakaan, serta menurunkan produktivitas sektor logistik (Batrakova & Gredasova, 2016; Irshad & Singla, 2019). Dalam jangka panjang, hal ini menurunkan daya saing wilayah dan memperburuk ketimpangan aksesibilitas antar kawasan.

Selain itu, pentingnya kajian dampak penggunaan lahan terhadap kualitas jalan juga telah ditekankan dalam berbagai studi tentang pembangunan berkelanjutan. Sebuah studi, menegaskan bahwa pengabaian prinsip keberlanjutan dalam pengembangan kawasan perkotaan dapat mempercepat degradasi infrastruktur (Ferrer et al., 2018; Rath, 2022). Oleh karena itu, penerapan pendekatan berbasis data dalam memetakan hubungan antara perubahan guna lahan dan kerusakan jalan menjadi kunci dalam pengambilan keputusan berbasis bukti.

Kondisi eksisting Jalan Soekarno-Hatta menunjukkan bahwa ruas jalan ini sudah mulai mengalami degradasi, yang dapat dilihat dari munculnya kerusakan ringan hingga berat di berbagai segmen. Jika tidak segera ditangani, kerusakan tersebut berpotensi menjadi hambatan utama dalam mobilitas penduduk dan distribusi barang, serta dapat meningkatkan biaya pemeliharaan jalan secara drastis. Hal ini mendorong perlunya studi ilmiah yang mengkaji lebih dalam mengenai implikasi perubahan guna lahan terhadap kondisi jalan di wilayah ini.

Penelitian ini menjadi penting mengingat belum banyak studi yang secara spesifik mengevaluasi korelasi antara perkembangan penggunaan lahan dan tingkat kerusakan jalan di kawasan sekunder seperti Bontang Lestari. Sebagian besar penelitian serupa dilakukan di wilayah metropolitan atau kota besar. Oleh karena itu, riset ini diharapkan mampu memberikan kontribusi akademik

sekaligus masukan praktis bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan pengelolaan infrastruktur berbasis penggunaan lahan.

Dengan mengidentifikasi variabel-variabel yang berkontribusi terhadap kerusakan Jalan Soekarno-Hatta, penelitian ini akan membantu dalam menyusun strategi mitigasi kerusakan jalan yang berbasis pada dinamika tata ruang. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi penyusunan perencanaan jalan berkelanjutan, termasuk pengendalian penggunaan lahan dan pengaturan lalu lintas di kawasan yang sedang berkembang.

Metode Penelitian

Perkembangan wilayah perkotaan yang pesat telah membawa dampak signifikan terhadap perubahan guna lahan di berbagai kota di Indonesia. Perubahan ini tidak hanya mencerminkan pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi, tetapi juga menimbulkan tantangan baru dalam pengelolaan infrastruktur, terutama pada jaringan jalan. Salah satu persoalan yang muncul adalah kerusakan jalan yang semakin cepat akibat tekanan beban yang berlebihan, perubahan pola aliran air permukaan, serta lemahnya perencanaan tata guna lahan yang berkelanjutan (Dai et al., 2020; Song et al., 2021).

Kota Bontang, sebagai salah satu kota industri di Kalimantan Timur, mengalami pertumbuhan penggunaan lahan yang signifikan, khususnya di wilayah Kelurahan Bontang Lestari. Salah satu kawasan vital adalah Jalan Soekarno-Hatta yang menghubungkan kawasan pemukiman, industri, serta akses menuju wilayah strategis lainnya. Seiring berjalannya waktu, perubahan fungsi lahan dari lahan pertanian atau hutan menjadi kawasan pemukiman, perdagangan, dan industri telah berdampak terhadap penurunan kualitas infrastruktur jalan. Jalan ini kerap mengalami kerusakan seperti retakan, lubang, dan penurunan badan jalan yang memperburuk kenyamanan serta keselamatan pengguna jalan.

Fenomena ini juga mencerminkan persoalan umum dalam manajemen tata ruang di wilayah urban dan suburban. Beberapa studi, menyatakan bahwa intensifikasi perubahan guna lahan tanpa mempertimbangkan kapasitas daya dukung lingkungan dan infrastruktur dapat mempercepat degradasi fisik jalan (Wilson & Naseer, 202; Khan et al., 2018). Tekanan dari lalu lintas berat yang tidak sesuai dengan peruntukan awal jalan serta meningkatnya jumlah kendaraan merupakan penyebab utama kerusakan tersebut.

Pengembangan infrastruktur jalan seharusnya dilakukan secara paralel dengan pengendalian alih fungsi lahan. Sayangnya, pengawasan terhadap penggunaan lahan di Bontang Lestari belum optimal, sehingga banyak pembangunan yang tidak disertai dengan penyesuaian kekuatan dan kapasitas jalan. Hal ini diperparah oleh belum meratanya kebijakan pemeliharaan jalan berbasis data spasial dan kajian risiko kerusakan jalan (Chang et al., 2022; Nautiyal & Sharma, 2021).

Kerusakan jalan memiliki dampak ekonomi dan sosial yang signifikan. Tidak hanya meningkatkan biaya perawatan kendaraan, tetapi juga memperlambat distribusi barang dan mobilitas penduduk. World Bank (2020) mencatat bahwa kualitas jalan yang buruk dapat menurunkan produktivitas ekonomi hingga 2% per tahun di negara-negara berkembang, terutama di kawasan industri yang sangat bergantung pada logistik jalan darat.

Penelitian tentang keterkaitan antara perubahan guna lahan dan kerusakan infrastruktur jalan menjadi penting untuk dijadikan dasar dalam perencanaan pembangunan berkelanjutan. Analisis spasial terhadap pola perubahan lahan dan kerusakan jalan dapat memberikan gambaran komprehensif bagi pemerintah daerah dalam menetapkan kebijakan yang lebih efektif dan berkelanjutan (Aghajani et al., 2017; Wong et al., 2015). Studi ini juga penting untuk mengidentifikasi zona-zona rawan kerusakan yang perlu mendapat prioritas perbaikan.

Jalan Soekarno-Hatta di Kelurahan Bontang Lestari merupakan contoh konkret bagaimana pertumbuhan wilayah yang tidak terkendali dapat memberikan tekanan besar terhadap sarana dan prasarana dasar. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam terhadap dampak perubahan guna lahan terhadap kondisi fisik jalan sangat penting untuk menjamin efisiensi dan keselamatan transportasi di wilayah ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implikasi perubahan guna lahan terhadap kerusakan Jalan Soekarno-Hatta di Kelurahan Bontang Lestari. Dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dan analisis spasial, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap perencanaan pembangunan infrastruktur yang lebih adaptif terhadap dinamika penggunaan lahan.

a. Analisis Kuantitatif

1) Analisis deskriptif statistik

Digunakan untuk memaparkan perkembangan Kawasan (pertumbuhan pemukiman, industri, volume kendaraan). Data diperoleh dari instansi terkait (data sekunder).

2) Analisis indeks kerusakan jalan (IKJ)

Menggunakan metode PCI (Pavement Condition Index) atau IRI (International Roughness Index) untuk menilai tingkat kerusakan Jalan Soekarno-Hatta. Parameter yang dinilai: Retak (cracking), Lubang (potholes), Deformasi (rutting, shoving). Ketidakrataan permukaan

3) Analisis beban lalu lintas

Menghitung dampak kendaraan berat (truk, alat berat) terhadap struktur jalan menggunakan data LHR (Lalu Lintas Harian Rata-Rata)

b. Analisis Kualitatif

1) Analisis Kebijakan

Melakukan wawancara ke pemerintah daerah dan/atau masyarakat untuk mengevaluasi kebijakan perawatan jalan dan mengidentifikasi kendala dalam penanganan kerusakan jalan.

2) Analisis SWOT

Untuk menilai kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman dalam pengelolaan jalan terkait perkembangan kawasan.

c. Analisis Spasial

Melakukan analisis terhadap citra satelit Sentinel 2 dengan periode waktu tahun 2018 dan 2024. Citra satelit tersebut akan dianalisis menggunakan pendekatan spasial dengan melakukan klasifikasi terbimbing atau Supervised Classification untuk mendapatkan jenis kenampakan tutupan lahan pada lokasi penelitian. Ke dua periode waktu tersebut akan menghasilkan klasifikasi tutupan lahan setiap periode waktu dari citra satelit tersebut dan akan dihasilkan perubahan tutupan lahan dari setiap klasifikasi tutupan lahan tersebut.

Pemetaan kerusakan jalan menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk visualisasi sebaran kerusakan dan kaitannya dengan titik perkembangan kawasan.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

a. Gambaran Umum Kelurahan Bontang

1) Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk Kelurahan Bontang Lestari mulai menunjukkan peningkatan yang lebih pesat setelah tahun 2010, seiring dengan penetapan kelurahan ini sebagai pusat pemerintahan Kota Bontang. Relokasi kantor pemerintahan ke wilayah ini mendorong banyaknya migrasi penduduk, baik yang bekerja di sektor pemerintahan maupun sektor-sektor pendukung lainnya, seperti jasa, perdagangan, dan konstruksi. Data dari tahun 2015 mencatat adanya peningkatan jumlah penduduk menjadi 4.573 jiwa dengan perbandingan jumlah penduduk laki-laki sekitar 2.423 dan jumlah penduduk perempuan 2.150, yang berarti terjadi pertumbuhan lebih dari 50% dalam kurun waktu lima tahun.

2) Kondisi Penggunaan Lahan

Kelurahan Bontang Lestari memiliki beragam penggunaan lahan yang mencerminkan fungsinya sebagai pusat pemerintahan sekaligus kawasan dengan potensi pengembangan wilayah yang besar. Sebagai salah satu wilayah dengan luas signifikan di Kota Bontang, penggunaan lahan di kelurahan ini terbagi ke dalam beberapa kategori utama, yaitu kawasan permukiman, kawasan pemerintahan, kawasan pertanian, dan kawasan konservasi. Pola penggunaan lahan ini ditentukan oleh kondisi geografis, topografi, dan perencanaan tata ruang wilayah.

3) Kondisi Perekonomian Masyarakat

Kelurahan Bontang Lestari memiliki kondisi perekonomian masyarakat yang beragam, mencerminkan

karakteristik wilayah yang sedang berkembang. Sebagai kelurahan yang menjadi pusat pemerintahan Kota Bontang, perekonomian di wilayah ini bertumpu pada berbagai sektor, seperti jasa pemerintahan, pertanian, perikanan, dan kegiatan perdagangan lokal. Pemindahan pusat pemerintahan ke Bontang Lestari memberikan dampak positif terhadap dinamika ekonomi masyarakat, terutama melalui penciptaan lapangan kerja baru dan peningkatan aktivitas ekonomi lokal. Sektor jasa dan pemerintahan menjadi salah satu pendorong utama perekonomian masyarakat Bontang Lestari. Banyak penduduk yang bekerja di sektor pemerintahan, baik sebagai pegawai negeri sipil maupun tenaga pendukung lainnya. Kehadiran kantor pemerintahan juga menarik pelaku usaha kecil dan menengah untuk membuka bisnis di sekitar wilayah tersebut, seperti toko kelontong, warung makan, dan penyedia jasa lainnya. Aktivitas ini membantu meningkatkan pendapatan masyarakat dan memberikan sumbangan yang signifikan terhadap perputaran ekonomi lokal.

b. Struktur Jaringan Jalan

Struktur jaringan jalan di kawasan Bontang Lestari merupakan hasil perencanaan yang awalnya dirancang untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas pada tingkat tertentu. Namun, seiring berjalannya waktu dan perubahan fungsi kawasan, struktur jalan yang ada kini menghadapi tantangan besar. Banyak ruas jalan menggunakan perkerasan beton atau aspal yang telah berumur dan tidak lagi optimal untuk menampung peningkatan volume lalu lintas dan beban kendaraan berat. Kondisi ini terlihat jelas pada Jalan Soekarno-Hatta, di mana beberapa ruas jalan menunjukkan keausan yang parah dan struktur bawah jalan yang sudah mulai menurun. Kelemahan dalam struktur ini menuntut adanya evaluasi kembali terhadap desain awal dan penyesuaian dengan kebutuhan saat ini. Data dari Jurnal Infrastruktur dan Transportasi mengungkapkan bahwa keterbatasan desain awal jalan merupakan salah satu penyebab utama penurunan kualitas jaringan jalan.

Tabel 1. Struktur Jaringan Jalan

Parameter	Data/Statistik
Persentase penurunan kekuatan struktural	Struktur perkerasan beton yang berusia rata-rata 15 tahun menunjukkan penurunan kekuatan sekitar 25%, terutama jika tidak mendapatkan perawatan rutin.
Persentase ruas jalan yang telah direhabilitasi	Hanya sekitar 20% dari total jaringan jalan telah mendapatkan rehabilitasi menyeluruh dalam 3 tahun terakhir, menyisakan banyak ruas yang rawan kerusakan struktural.
Kenaikan biaya pemeliharaan akibat struktur usang	Biaya pemeliharaan dan perbaikan struktur jalan meningkat sekitar 30% dalam 5 tahun terakhir seiring dengan menurunnya kualitas material dan metode konstruksi yang sudah usang.
Indikator ketidakefektifan desain jalan	Studi teknis mengindikasikan bahwa sekitar 35% ruas jalan tidak memenuhi standar desain modern untuk menampung peningkatan volume lalu lintas dan beban kendaraan berat.

Sumber: Hasil Analisis, 2024

c. Analisis Sistem Transportasi

1) Kondisi Aksesibilitas

Implikasi dari kondisi jalan yang menurun ini berdampak langsung pada pengelolaan infrastruktur dan lingkungan. Permukaan jalan yang aus tidak hanya menuntut program pemeliharaan dan perbaikan yang lebih intensif, tetapi juga meningkatkan beban operasional kendaraan. Kondisi jalan yang rusak membuat kendaraan harus bekerja lebih keras, yang pada gilirannya meningkatkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas rumah kaca. Risiko tumpahan material atau bahan bakar akibat kecelakaan juga meningkat, berpotensi mencemari lingkungan sekitar. Dalam konteks pengelolaan infrastruktur, penerapan teknologi pemantauan jalan secara real-time dan sistem manajemen lalu lintas terintegrasi menjadi sangat penting untuk mengantisipasi dan menangani kerusakan secara dini. Upaya perbaikan rutin dan evaluasi berkala sangat diperlukan untuk memastikan bahwa infrastruktur jalan tetap mendukung mobilitas yang aman dan efisien.

2) Interaksi Antar Kawasan

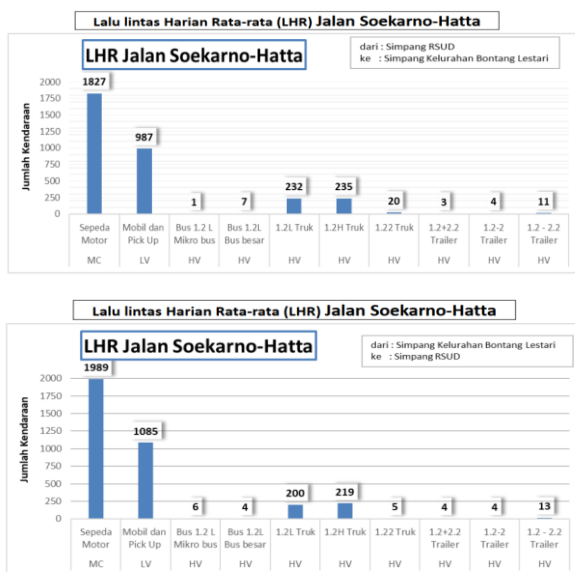
Jalan Soekarno-Hatta berperan sebagai koridor utama yang mengintegrasikan fungsi-fungsi kawasan tersebut, menghubungkan area industri dengan zona pemerintahan dan komersial. Konektivitas yang terwujud melalui jalan ini memungkinkan pergerakan barang, jasa, dan tenaga kerja secara lebih terkoordinasi, sehingga mendukung aktivitas ekonomi yang intensif. Sebuah studi oleh Litman (2011) menyebutkan bahwa aksesibilitas yang baik sangat berperan dalam mengoptimalkan interaksi antar kawasan, meskipun standar awal jalan dirancang untuk beban lalu lintas yang lebih ringan. Penggunaan infrastruktur jalan sebagai penghubung strategis memperkuat hubungan antar zona, memungkinkan distribusi aktivitas ekonomi yang lebih merata dan mendukung pertumbuhan kawasan. Meskipun demikian, peningkatan beban kendaraan berat dan frekuensi penggunaan jalan memerlukan peninjauan ulang terhadap kapasitas dan kualitas perkerasan jalan agar tetap dapat menampung volume lalu lintas yang semakin tinggi. Hal ini menunjukkan pentingnya evaluasi berkala dan inovasi dalam manajemen infrastruktur transportasi.

3) Lalu Lintas dan Kebijakan Pengembangan Jalan

Pertumbuhan kawasan industri dan perkantoran di Bontang Lestari telah menyebabkan peningkatan signifikan pada volume kendaraan yang melintas di Jalan Soekarno-Hatta. Awalnya, jalan ini dirancang untuk menampung arus lalu lintas dengan intensitas ringan hingga sedang, dengan standar perencanaan yang membatasi kendaraan pada tonase sekitar 8 ton. Namun, seiring dengan adanya migrasi penduduk dan peningkatan aktivitas industri, kini arus kendaraan berat terutama truk yang mengangkut material dan barang industri melintas secara intensif, sering kali dengan beban melebihi batas aman yang telah ditetapkan. Peningkatan volume kendaraan berat ini menambah tekanan pada infrastruktur jalan, yang berakibat pada munculnya retakan, lubang, dan keausan pada lapisan perkerasan.

Kondisi fisik jalan yang memburuk secara berkelanjutan menurunkan daya dukung struktur jalan, sehingga menimbulkan kebutuhan mendesak untuk perbaikan dan pemeliharaan infrastruktur yang lebih intensif. Data lapangan dan studi terkini mengindikasikan bahwa kerusakan struktural jalan semakin cepat terjadi seiring dengan bertambahnya beban berat yang tidak diantisipasi pada desain awal.

Kebijakan pengembangan jaringan jalan di Bontang Lestari menjadi faktor kunci dalam mendukung sistem transportasi yang efisien. Pemerintah daerah melalui Dinas Perhubungan telah mengeluarkan berbagai kebijakan yang berfokus pada perbaikan dan rehabilitasi infrastruktur jalan, meskipun implementasinya masih menghadapi kendala teknis dan anggaran¹. Evaluasi kebijakan menunjukkan bahwa terdapat kesenjangan antara perencanaan dan pelaksanaan, di mana beberapa ruas jalan belum mendapatkan perhatian optimal dalam perawatan rutin. Data dari laporan Dinas Perhubungan mencatat bahwa peningkatan investasi dalam jaringan jalan masih perlu ditingkatkan agar dapat mengakomodasi pertumbuhan volume kendaraan dan interaksi antar kawasan.



Gambar 1. Grafik LHR Jl. Soekarno-Hatta

d. Analysis system Jaringan Jalan Bontang Lestari

1) Perubahan Tata Guna Lahan

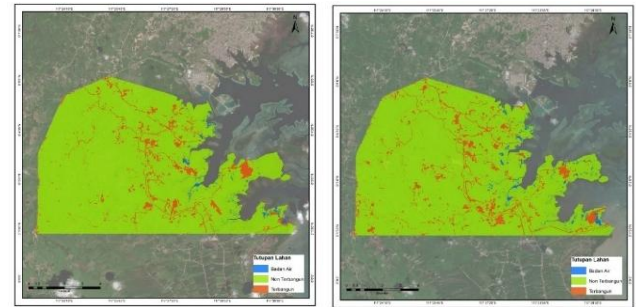
Analisis perubahan tutupan lahan di Kelurahan Bontang Lestari yang memanfaatkan citra satelit Sentinel-2 berhasil mengungkap dinamika spasial yang signifikan antara tahun 2018 dan 2024. Keunggulan utama citra Sentinel-2 terletak pada resolusi spasial 10-20 meter dan 13 band spektral yang memungkinkan identifikasi perubahan secara rinci. Peningkatan luas badan air sebesar 50,67% (35,54 ha) berhasil terdeteksi dengan jelas melalui pemanfaatan band Near-Infrared dan Shortwave Infrared yang efektif membedakan permukaan air dari objek lain. Sementara itu, penyusutan lahan non-terbangun sebesar 2,05% (164,49 ha) teridentifikasi melalui analisis band Red

Edge dan NDVI, menunjukkan perubahan vegetasi sebelum terjadi alih fungsi lahan.

Tabel 2. Perbandingan Tutupan Lahan 2018-2024

Tutupan Lahan 2018		Tutupan Lahan 2024	
Klasifikasi	Luas (ha)	Klasifikasi	Luas (ha)
Badan Air	70,15	Badan Air	105,69
Non Terbangun	8.034,63	Non Terbangun	7.870,14
Terbangun	545,59	Terbangun	674,16
Total	8.650,37	Total	8.650,00

Sumber: Hasil Analisis, 2024



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Kelurahan Bontang Lestari 2018-2024

2) Terjadinya Kerusakan Jalan

Kerusakan jaringan jalan di Bontang Lestari terjadi akibat kombinasi beban lalu lintas yang tinggi, material perkerasan yang telah usang, dan kurang optimalnya pemeliharaan rutin. Survei lapangan oleh Dinas Perhubungan menunjukkan bahwa tingkat kerusakan pada Jalan Soekarno-Hatta mencapai sekitar 30% dari total panjang jalan, yang ditandai dengan retak, lubang, dan deformasi permukaan¹. Data dari Jurnal Teknik Sipil Indonesia (2021) mengonfirmasi bahwa peningkatan volume kendaraan berat berkontribusi signifikan terhadap percepatan kerusakan jalan, terutama di area dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat. Evaluasi teknis menunjukkan bahwa tiap tambahan beban kendaraan menyebabkan penurunan mutu perkerasan secara kumulatif, sehingga infrastruktur jalan semakin mudah rusak. Selain itu, ketidakseimbangan antara beban yang diterima dan kapasitas struktural jalan menambah risiko kegagalan struktural.

3) Penyebab Longsoran Pada Bahu Jalan

Longsoran pada bahu jalan di Kelurahan Bontang Lestari merupakan permasalahan serius yang muncul akibat kondisi geologi yang tidak stabil, sistem drainase yang kurang memadai, dan perubahan penggunaan lahan yang drastis. Data dari Universitas Mulawarman (2022) menunjukkan bahwa area dengan kemiringan lebih dari 5% memiliki potensi longsoran yang tinggi, terutama saat curah hujan melebihi 200 mm per bulan. Evaluasi teknis oleh Dinas Pekerjaan Umum mengungkapkan bahwa urbanisasi yang mengurangi vegetasi penahan tanah turut memperburuk kondisi tanah yang rentan erosi. Penelitian lapangan juga mengindikasikan bahwa longsoran terjadi secara periodik dengan frekuensi rata-rata tiga kali per tahun di kawasan kritis, dimana faktor eksternal seperti penggalian

dan penebangan pohon untuk pembangunan infrastruktur semakin mempercepat pergerakan tanah. Studi terbaru oleh Smith et al. (2023) menambahkan bahwa penerapan sistem drainase modern dan upaya penghijauan dapat mengurangi risiko longsor hingga 40%, sehingga menguatkan urgensi penanganan masalah ini secara terintegrasi.

4) Peningkatan Berat Kendaraan

Peningkatan berat kendaraan kotor (Gross Vehicle Weight/GVW) menjadi salah satu faktor utama yang memicu percepatan kerusakan infrastruktur jalan di Jalan Soekarno-Hatta, Kelurahan Bontang Lestari. Data survei dari Dinas Perhubungan Kota Bontang (2023) mencatat bahwa rata-rata GVW kendaraan yang melintas mencapai 20 ton, jauh melebihi kapasitas desain awal jalan yang seharusnya mampu menampung beban ringan hingga sedang. Akibatnya, infrastruktur jalan yang telah dirancang untuk kondisi beban tertentu menjadi cepat aus, menimbulkan retakan, lubang, dan deformasi pada lapisan perkerasan. Peningkatan beban ini mengindikasikan bahwa desain awal jalan tidak lagi memenuhi kebutuhan

operasional di tengah pertumbuhan aktivitas ekonomi dan intensitas lalu lintas yang meningkat secara signifikan.

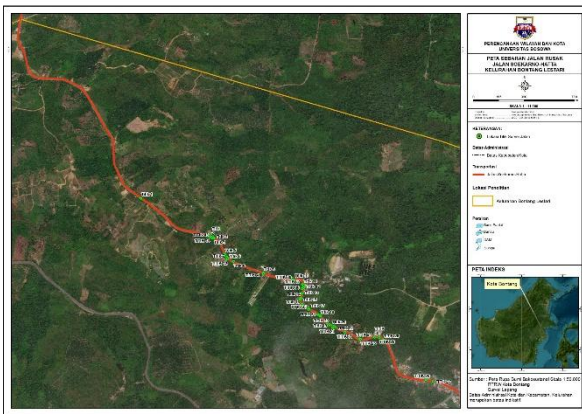
5) Kerusakan Struktur Jaringan Jalan

Data menunjukkan bahwa hanya sekitar 20% ruas jalan yang telah mendapatkan perbaikan menyeluruh dalam tiga tahun terakhir, sedangkan 80% sisanya masih menggunakan material dan metode konstruksi yang tidak optimal untuk kondisi beban lalu lintas saat ini. Hal ini mengindikasikan adanya ketidaksesuaian antara desain awal jalan dengan peningkatan volume kendaraan yang terus berkembang. Evaluasi uji laboratorium mendalam mengonfirmasi bahwa ketidakmampuan material perkerasan untuk mendistribusikan beban secara merata merupakan penyebab utama munculnya retakan dan kerusakan struktural yang semakin parah. Studi terbaru oleh Rahman et al. (2023) menunjukkan bahwa peningkatan standar pemeliharaan dan penggunaan material baru yang tahan beban dapat meningkatkan kekuatan struktural hingga 15-20% dalam jangka pendek. Berikut tabel Kerusakan Perkerasan Aspal Jalan Soekarno Hatta.

Tabel 3. Titik Lokasi Kerusakan Jalan Soekarno-Hatta

No	Luas Kerusakan			Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Titik Koordinat
	Panjang(m)	Lebar (m)	Luas(m)			
Titik 1	8,00	7,00	126,00	Ambles/depresi	BERAT	0°05'22.5"N 117°25'59.3"E
Titik 2	13,50	5,50	74,25	Ambles/depresi	BERAT	0°05'13.1"N 117°26'16.4"E
Titik 3	13,80	7,00	96,60	Retak kulit buaya	BERAT	0°05'12.6"N 117°26'17.4"E
Titik 4	17,00	3,00	51,00	Retak kulit buaya	SEDANG	0°05'12.5"N 117°26'17.5"E
Titik 5	23,50	7,00	164,50	Retak kulit buaya	BERAT	0°05'08.4"N 117°26'20.2"E
Titik 6	4,90	3,50	17,15	Retak kulit buaya	SEDANG	0°05'07.8"N 117°26'20.7"E
Titik 7	18,40	4,00	73,60	Retak kulit buaya	SEDANG	0°05'07.7"N 117°26'20.8"E
Titik 8	24,00	7,00	168,00	Ambles/depresi	BERAT	0°05'06.6"N 117°26'22.4"E
Titik 9	3,50	2,80	9,80	Retak kulit buaya	SEDANG	0°05'03.7"N 117°26'29.9"E
Titik 10	27,20	7,00	190,40	Retak kulit buaya	SEDANG	0°05'02.4"N 117°26'37.1"E
Titik 11	22,70	7,00	158,90	Ambles/depresi	BERAT	0°05'00.6"N 117°26'40.0"E
Titik 12	10,50	4,50	47,25	Ambles/depresi	BERAT	0°04'60.0"N 117°26'40.0"E
Titik 13	3,00	3,50	10,50	Retak selip	SEDANG	0°04'58.5"N 117°26'39.6"E
Titik 14	9,90	2,00	19,80	Retak kulit buaya	SEDANG	0°04'57.3"N 117°26'39.2"E
Titik 15	9,90	2,60	25,74	Ambles/depresi	SEDANG	0°04'57.0"N 117°26'39.2"E
Titik 16	23,00	3,50	80,50	Ambles/depresi	BERAT	0°04'55.8"N 117°26'39.6"E
Titik 17	24,00	7,00	168,00	Ambles/depresi	BERAT	0°04'54.8"N 117°26'41.2"E
Titik 18	4,40	3,50	15,40	Ambles/depresi	SEDANG	0°04'52.8"N 117°26'44.2"E
Titik 19	5,00	7,00	35,00	Ambles/depresi	BERAT	0°04'50.7"N 117°26'46.5"E
Titik 20	13,90	3,50	48,65	Ambles/depresi	BERAT	0°04'50.7"N 117°26'46.5"E
Titik 21	17,90	2,10	37,59	Ambles/depresi	SEDANG	0°04'50.2"N 117°26'47.5"E
TITIK 22	9,20	7,00	64,40	Retak kulit buaya	SEDANG	0°04'50.1"N 117°26'47.8"E
TITIK 23	13,50	3,50	47,25	Retak kulit buaya	SEDANG	0°04'50.0"N 117°26'47.8"E
TITIK 24	9,50	2,10	19,95	Ambles/ depresi	BERAT	0°04'47.1"N 117°26'54.1"E
TITIK 25	9,00	4,50	40,50	Retak blok	BERAT	0°04'47.0"N 117°26'54.2"E
TITIK 26	11,20	7,00	78,40	Ambles/ depresi	BERAT	0°04'36.7"N 117°27'10.6"E
TITIK 27	9,80	4,30	42,14	Retak kulit buaya	SEDANG	0°04'36.3"N 117°27'12.4"E
TITIK 28	3,60	2,20	7,92	Retak selip	SEDANG	0°04'46.8"N 117°26'60.0"E
TITIK 29	2,40	1,70	4,08	Retak selip	SEDANG	0°04'47.4"N 117°26'58.9"E
TITIK 30	6,10	2,70	16,47	Retak kulit buaya	SEDANG	0°04'47.5"N 117°26'57.7"E
TITIK 31	22,80	7,00	159,60	Ambles/ depresi	BERAT	0°04'48.7"N 117°26'50.3"E
TITIK 32	10,80	2,00	21,60	Retak selip	BERAT	0°04'49.9"N 117°26'47.3"E
TITIK 33	14,00	2,60	36,40	Retak kulit buaya	SEDANG	0°04'50.7"N 117°26'45.8"E
TITIK 34	16,50	3,00	49,50	Ambles/ depresi	SEDANG	0°04'53.2"N 117°26'43.6"E
TITIK 35	12,70	3,00	38,10	Lubang	BERAT	0°04'54.5"N 117°26'41.3"E
TITIK 36	7,70	4,50	34,65	Lubang	SEDANG	0°04'59.7"N 117°26'39.6"E
TITIK 37	51,30	7,00	359,10	Ambles/ depresi	BERAT	0°05'00.9"N 117°26'39.7"E
TITIK 38	2,50	2,50	6,25	Lubang	RINGAN	0°05'02.0"N 117°26'37.5"E
TITIK 39	3,70	1,80	6,66	Lubang	RINGAN	0°05'02.0"N 117°26'37.4"E
TITIK 40	1,90	1,40	2,66	Lubang	RINGAN	0°05'02.0"N 117°26'37.3"E
TITIK 41	17,70	2,50	44,25	Retak kulit buaya	SEDANG	0°05'03.5"N 117°26'29.9"E
TITIK 42	5,50	3,50	19,25	Lubang	SEDANG	0°05'07.2"N 117°26'20.9"E
TITIK 43	12,50	3,50	43,75	Retak blok	SEDANG	0°05'12.7"N 117°26'16.8"E
TITIK 44	3,30	3,50	11,55	Retak blok	SEDANG	0°05'12.5"N 117°26'17.1"E

Sumber: Hasil Analisis, 2024



Gambar 3. Peta Sebaran Titik Jalan yang Rusak

6) Kerusakan Ruas Jalan

Berdasarkan hasil survei kerusakan ruas jalan dari data survei (terlampir) yang dikelola dalam sistem IRMS (Interurban Road Management System), ditemukan berbagai jenis kerusakan pada sejumlah ruas jalan. Kerusakan yang teridentifikasi meliputi retak-retak dengan berbagai ukuran lebar, lubang dalam jumlah yang bervariasi per 100 meter, deformasi permukaan seperti gelombang, hingga kerusakan pada tepi jalan. Luas kerusakan pada beberapa ruas mencapai 10–30% dari total luas permukaan, menunjukkan kondisi jalan yang tidak optimal.

Tabel 4. Dampak Kerusakan Ruas Jalan Interurban Road Management System

Aspek	Temuan dari Data	Dampak yang Ditimbulkan
Jenis Kerusakan	Retak-retak, lubang, bekas roda, bergelombang, tepi rusak	Mengganggu kenyamanan dan keselamatan berkendara
Luas Kerusakan	10–30% pada beberapa segmen	Menandakan kebutuhan perbaikan segera
Jumlah Lubang	≥1 per 100 meter (dengan ukuran kecil-sedang)	Risiko tinggi terhadap kendaraan roda dua
Kondisi Permukaan	Bergelombang, retak lebar > 5 mm	Memicu kerusakan suspensi dan keausan ban
Lokasi Terdampak	Contoh: Jl. Ir. Soekarno Hatta	Menurunkan efisiensi transportasi dan aksesibilitas
Keselamatan Pengguna Jalan	Berisiko terutama bagi motor dan kendaraan kecil	Potensi kecelakaan meningkat
Dampak Ekonomi	Distribusi barang terganggu, waktu tempuh meningkat	Menurunkan produktivitas dan efisiensi logistik
Rekomendasi	Perbaikan ruas prioritas, pemeliharaan berkala	Memulihkan kualitas layanan dan mencegah kerusakan lebih lanjut

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar ruas jalan berada dalam kondisi sedang hingga rusak ringan. Namun, kerusakan ini tetap memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi transportasi, keselamatan pengguna, dan ekonomi masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan langkah prioritas berupa perbaikan pada ruas

dengan luas kerusakan >10% dan retakan lebar, serta pemeliharaan rutin untuk mencegah kerusakan menjadi lebih parah.

e. Deskriptif Perkembangan Kelurahan Bontang Lestari

Pada uraian sebaran titik kondisi jalan yang rusak pada tabel 3. menunjukkan terdapat 3 (tiga) kategori kerusakan yaitu rusak berat, rusak sedang dan rusak ringan. Dengan data tersebut peneliti melakukan analisis deskriptif terkait hubungan antara perubahan tata guna lahan, volume kendaraan dan kondisi kerusakan jalan yang terdapat di Jl. Soekarno-Hatta. Distribusi frekuensi kerusakan yaitu Rusak berat: 40.9% (18/44), Rusak sedang: 52.3% (23/44), dan Rusak ringan: 6.8% (3/44).

Interpretasi: Mayoritas kerusakan berada di kategori sedang-berat, menunjukkan tekanan signifikan pada jalan.

1) Pengaruh Tutupan Lahan Terbangun

Dari 545 hektar (2018) menjadi 674hektar (2024), artinya ada penambahan 129 hektar (23,7% dalam 6 tahun). Implikasi peningkatan aktivitas ekonomi terhadap lahan terbangun biasanya terkait dengan permukiman, industri, atau komersial, yang meningkatkan volume kendaraan (khususnya kendaraan ringan seperti mobil pribadi). Terkait beban jalan jika perkembangan lahan tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas jalan, beban lalu lintas akan menumpuk di jalan eksisting (Soekarno-Hatta). Perubahan hidrologi terhadap tutupan lahan terbangun mengurangi resapan air, meningkatkan aliran permukaan yang dapat mempercepat degradasi jalan (misalnya melalui erosi atau genangan air).

2) Pengaruh Lalu Lintas Harian

a) Komposisi Lalu Lintas:

- Kendaraan Ringan (5.888): Mobil pribadi, sepeda motor, dll.
- Kendaraan Berat (968): Truk, bus, atau kendaraan angkutan barang.

b) Analisis Beban:

- Kendaraan berat memiliki dampak eksponensial pada kerusakan jalan. Satu kendaraan berat setara dengan ribuan kendaraan ringan dalam hal tekanan pada struktur jalan (berdasarkan ESAL - Equivalent Single Axle Load).
- Jika persentase kendaraan berat tinggi ($968/6.856 \approx 14,1\%$), ini menunjukkan jalan tersebut menjadi rute logistik atau industri, yang mempercepat kerusakan (retak, deformasi, lubang).

3) Hubungan Gabungan dan Penyebab Kerusakan

Faktor utama kerusakan jalan:

- a) Beban lalu lintas terutama dari kendaraan berat (968/hari sudah signifikan untuk jalan lokal).

b) Perkembangan lahan yang terjadi (lahan terbangun) tidak hanya meningkatkan volume kendaraan, tetapi juga mungkin mengubah rute distribusi (misalnya truk pengangkut material konstruksi).

4) Hasil Analisis Deskriptif
Pengaruh dominan kendaraan berat (14,1% dari total lalu lintas) adalah faktor utama kerusakan struktural, sementara peningkatan lahan terbangun memperparah beban melalui pertumbuhan volume kendaraan dan perubahan lingkungan.

Solusi potensial adalah pembatasan kendaraan berat atau pengalihan rute, peningkatan drainase untuk mitigasi dampak aliran air, dan pemeliharaan rutin (overlay, patching) jika jalan sudah melebihi umur desain.

f. Strategi Pengembangan Kawasan dalam Menjaga Kualitas Jaringan Jalan (Analisis SWOT)

1) Strategi Pengembangan Jalan Alternatif Untuk Angkutan Industri

Tabel 5. SWOT Pengembangan Jalan Alternatif

Aspek	Penjelasan
Kekuatan	<ul style="list-style-type: none">- Mengurangi beban jalan utama seperti Jalan Soekarno-Hatta.- Menjaga kualitas jalan utama dan meningkatkan keamanan.- Mengurangi keausan jalan hingga 20% dan meningkatkan efisiensi logistik.- Mendukung daya saing kawasan industri dengan kebijakan pemerintah dan partisipasi swasta.
Kelemahan	<ul style="list-style-type: none">- Keterbatasan lahan dan persaingan penggunaan lahan di kawasan urban.- Kurangnya investasi awal dan pendanaan yang memadai.- Kendala administratif antara pemerintah dan pihak swasta.- Kurangnya integrasi data penggunaan lahan menghambat efektivitas kebijakan.
Peluang	<ul style="list-style-type: none">- Transformasi fungsi kawasan industri membuka peluang investasi infrastruktur.- Inovasi teknologi (mis. sensor lalu lintas) meningkatkan pengelolaan jalan alternatif.- Dukungan kebijakan pemerintah dan kerjasama dengan swasta memperkuat mobilitas industri dan daya saing.
Ancaman	<ul style="list-style-type: none">- Resistensi masyarakat terkait penggunaan lahan untuk jalur industri.- Konflik kepentingan dalam perencanaan tata ruang.- Perubahan regulasi atau kebijakan pemerintah yang tidak konsisten.- Risiko keuangan tinggi dan keterlambatan implementasi proyek.
Rangkuman Strategi	<ul style="list-style-type: none">- Optimalkan kekuatan melalui efisiensi logistik dan kebijakan dukungan.- Penguatan kemitraan antara pemerintah dan swasta, integrasi data, serta pemanfaatan teknologi.- Maksimalkan peluang investasi dengan insentif dan kemudahan perizinan.- Minimalkan ancaman melalui koordinasi intens antara stakeholder.

Sumber: Hasil Analisis, 2024

2) Strategi Mendorong Keterpaduan Layanan Transportasi Antarmoda

Tabel 6. SWOT Layanan Transportasi

Aspek	Penjelasan
Kekuatan	<ul style="list-style-type: none">- Integrasi transportasi antar moda (darat, laut, udara) meningkatkan efisiensi dan mengurangi kemacetan pada jalan utama.

Kelemahan	<ul style="list-style-type: none">- Dapat meningkatkan kecepatan dan kenyamanan perjalanan hingga 25%.- Meningkatkan aksesibilitas dan mobilitas masyarakat serta mendorong inovasi antar operator transportasi.- Penggunaan platform digital semakin memperkuat koordinasi dan implementasi strategi ini.
	<ul style="list-style-type: none">- Kurangnya konektivitas fisik antara terminal, stasiun, dan pelabuhan.- Perbedaan standar operasional dan regulasi antar moda menyebabkan koordinasi yang rumit.- Kurangnya interoperabilitas sistem informasi antar operator transportasi mengakibatkan inefisiensi.- Keterbatasan anggaran dan sumber daya manusia yang terlatih menghambat implementasi integrasi transportasi.
Peluang	<ul style="list-style-type: none">- Kemajuan teknologi digital, seperti aplikasi mobile dan sistem informasi terpadu, meningkatkan keterpaduan antar moda.- Dukungan kebijakan pemerintah dalam pengembangan transportasi berbasis teknologi.- Tren transportasi ramah lingkungan dan efisien membuka peluang penerapan inovasi seperti smart traffic management dan kendaraan listrik.
	<ul style="list-style-type: none">- Peluang kerjasama antara sektor publik dan swasta untuk mengoptimalkan sumber daya dan meningkatkan kualitas layanan.
Ancaman	<ul style="list-style-type: none">- Hambatan koordinasi antar lembaga dan resistensi dari operator yang sudah mapan.- Perbedaan kebijakan dan prioritas antar instansi menghambat sinergi.
	<ul style="list-style-type: none">- Ancaman terhadap keamanan data dan kerentanan sistem informasi akibat integrasi digital.- Fluktuasi ekonomi dan perubahan kebijakan pemerintah dapat berdampak pada pendanaan dan keberlanjutan proyek.
Rangkuman Strategi	<ul style="list-style-type: none">- Fokus pada pemanfaatan teknologi digital untuk mengintegrasikan sistem informasi antar moda.- Penguatan infrastruktur pendukung, interoperabilitas, dan kerjasama lintas sektor.
	<ul style="list-style-type: none">- Manfaatkan peluang melalui insentif kebijakan dan investasi, serta antisipasi ancaman dengan penguatan sistem keamanan siber dan koordinasi antar lembaga.- Meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keberlanjutan sistem transportasi, mendukung pertumbuhan ekonomi dan mobilitas masyarakat.

Sumber: Hasil Analisis, 2024

3) Strategi Mempertimbangkan Kebutuhan Lokal

Tabel 7. SWOT Kebutuhan Lokal

Aspek	Penjelasan
Kekuatan	<ul style="list-style-type: none">- Pendekatan lokal lebih responsif terhadap karakteristik dan dinamika masyarakat setempat.- Data survei dan partisipasi masyarakat meningkatkan efektivitas perencanaan hingga 30%.- Menyesuaikan desain infrastruktur dengan kondisi geografis, budaya, dan ekonomi masyarakat setempat.- Keterlibatan stakeholder lokal menjadi modal penting dalam kebijakan yang berkelanjutan.
Kelemahan	<ul style="list-style-type: none">- Kurangnya data terintegrasi dan akurat mengenai kondisi dan harapan masyarakat.- Keterbatasan sumber daya untuk survei mendalam membuat data lokal tidak representatif.- Perbedaan aspirasi antar kelompok masyarakat dan konflik kepentingan menghambat proses pengambilan keputusan.- Keterbatasan koordinasi antar instansi lokal dan forum partisipatif yang tidak terstruktur.
Peluang	<ul style="list-style-type: none">- Penggunaan teknologi informasi (aplikasi survei digital) untuk meningkatkan akurasi dan keterpaduan data kebutuhan lokal.- Dukungan program partisipatif dari pemerintah daerah dapat meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam perencanaan.- Sistem informasi geografis (GIS) yang terintegrasi membantu analisis kebutuhan lokal yang lebih mendalam.

Aspek	Penjelasan
Ancaman	<ul style="list-style-type: none"> - Inovasi big data dan analitik meningkatkan strategi berbasis kebutuhan lokal yang lebih dinamis dan adaptif. - Ketidakpastian dinamika sosial dan ekonomi yang cepat berubah dapat membuat data lokal cepat usang. - Potensi konflik kepentingan antar kelompok masyarakat menghambat keputusan yang adil dan inklusif. - Resistensi terhadap perubahan dari pihak-pihak yang merasa tidak terwakili dalam proses perencanaan. - Risiko keamanan data dan privasi dalam pengumpulan informasi melalui platform digital.
Rangkuman Strategi	<ul style="list-style-type: none"> - Fokus pada pengumpulan dan integrasi data melalui teknologi digital dan partisipasi aktif masyarakat. - Penguatan komunikasi antara pemerintah, masyarakat, dan stakeholder terkait untuk mengkomodasi aspirasi. - Pembaruan data yang rutin dan transparan untuk menciptakan kebijakan yang inklusif dan berkelanjutan. - Menyusun perencanaan infrastruktur yang adaptif terhadap perubahan dinamika sosial dan ekonomi, mendukung pertumbuhan ekonomi dan mobilitas.

Sumber: Hasil Analisis, 2024

4) Strategi Mempromosikan Mobilitas yang Berkelanjutan

Tabel 8. SWOT Mobilitas Keberlanjutan

Aspek	Penjelasan
Kekuatan	<ul style="list-style-type: none"> - Teknologi hijau (kendaraan listrik, transportasi berbasis energi terbarukan) dapat mengurangi emisi dan meningkatkan efisiensi transportasi hingga 20%. - Sejalan dengan kebijakan nasional dan internasional untuk mengurangi dampak lingkungan dari transportasi. - Keterlibatan sektor swasta dan lembaga riset dalam mengembangkan solusi teknologi mendukung implementasi mobilitas berkelanjutan. - Penerapan konsep smart city dan penggunaan data real-time dalam manajemen lalu lintas menjadi landasan strategis. - Biaya investasi awal yang tinggi untuk teknologi hijau dan infrastruktur pendukung. - Transisi dari sistem konvensional ke sistem berkelanjutan memerlukan perubahan budaya pengguna dan operator transportasi.
Kelemahan	<ul style="list-style-type: none"> - Kurangnya infrastruktur pendukung seperti stasiun pengisian kendaraan listrik. - Resistensi terhadap perubahan dan ketidakpastian regulasi memperlambat penerapan mobilitas berkelanjutan. - Insentif pajak dan subsidi pemerintah dapat mendorong investasi di sektor transportasi hijau dan meningkatkan adopsi kendaraan listrik.
Peluang	<ul style="list-style-type: none"> - Teknologi digital dan smart city dapat mengoptimalkan pengelolaan lalu lintas dan mengurangi kemacetan, meningkatkan mobilitas secara keseluruhan. - Penerapan sistem transportasi berkelanjutan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hidup masyarakat hingga 25%. - Kerja sama antara pemerintah, lembaga riset, dan sektor swasta menghasilkan inovasi yang mendukung pengembangan transportasi berkelanjutan. - Ketidakpastian regulasi dan resistensi dari pihak yang berkepentingan dengan sistem transportasi konvensional.
Ancaman	<ul style="list-style-type: none"> - Perubahan iklim dan fluktuasi harga energi dapat mengganggu stabilitas operasional sistem transportasi hijau. - Kekurangan infrastruktur pendukung dan hambatan pendanaan dapat memperlambat implementasi strategi ini.

Aspek	Penjelasan
Rangkuman Strategi	<ul style="list-style-type: none"> - Ancaman terhadap keamanan siber dalam sistem digital yang mengelola lalu lintas dan infrastruktur transportasi. - Fokus pada penguatan infrastruktur hijau, teknologi digital, dan insentif kebijakan untuk mendorong investasi di sektor transportasi hijau. - Optimalkan sistem transportasi umum dan transisi ke kendaraan listrik dengan dukungan pemerintah dan swasta. - Tingkatkan kesadaran masyarakat mengenai manfaat mobilitas berkelanjutan untuk mengatasi resistensi terhadap perubahan. - Antisipasi ancaman dengan penguatan regulasi, kerjasama lintas sektor, dan pengelolaan risiko secara komprehensif.

Sumber: Hasil Analisis, 2024

5) Strategi Peningkatan Interaksi Antar Kawasan

Tabel 8. SWOT Interaksi Antar Kawasan

Aspek	Penjelasan
Kekuatan	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatkan sinergi antara pusat ekonomi, perumahan, dan kawasan industri. - Mengoptimalkan penggunaan jaringan jalan yang ada untuk meningkatkan konektivitas antar wilayah. - Meningkatkan efisiensi transportasi dan produktivitas ekonomi hingga 20%. - Mendorong pertumbuhan ekonomi yang merata dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat. - Keterbatasan infrastruktur penghubung dan kemacetan di titik-titik kritis.
Kelemahan	<ul style="list-style-type: none"> - Kurangnya investasi dalam pembangunan infrastruktur pendukung dan sistem informasi terpadu. - Perbedaan karakteristik fungsi kawasan menyebabkan kesulitan koordinasi antar instansi. - Gap antara perencanaan dan implementasi konektivitas yang ideal, membutuhkan penyesuaian mendalam.
Peluang	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan teknologi digital dan GIS untuk pemetaan dan pengawasan real-time meningkatkan interaksi antar kawasan. - Platform digital untuk integrasi data lalu lintas dan tata ruang memfasilitasi koordinasi antar instansi. - Dukungan pemerintah dalam pembangunan infrastruktur terintegrasi membuka peluang strategis. - Kerjasama antara sektor publik dan swasta mengakselerasi pembangunan jaringan penghubung antar kawasan. - Fragmentasi kebijakan antara instansi yang menangani infrastruktur dan tata ruang. - Risiko pendanaan terbatas dan keterlambatan implementasi proyek infrastruktur.
Ancaman	<ul style="list-style-type: none"> - Persaingan antar kawasan untuk investasi dan perhatian pemerintah dapat menyebabkan konflik kepentingan. - Ancaman terhadap keamanan siber pada sistem yang mengintegrasikan data antar instansi. - Fokus pada penggunaan teknologi digital dan sistem informasi terpadu untuk mengoptimalkan konektivitas antar wilayah. - Penguatan koordinasi antar instansi dan penyalarsan kebijakan tata ruang serta infrastruktur untuk mengatasi kelemahan.
Rangkuman Strategi	<ul style="list-style-type: none"> - Manfaatkan peluang investasi dan dukungan pemerintah untuk membangun infrastruktur penghubung yang modern dan efisien. - Mitigasi fragmentasi kebijakan dan risiko pendanaan melalui koordinasi antar lembaga dan perencanaan strategis yang komprehensif.

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Dalam konteks pengembangan kawasan yang berkelanjutan, hasil penelitian menunjukkan bahwa salah

satu strategi penting dalam merespons dampak perubahan guna lahan terhadap kerusakan jalan adalah dengan mengoptimalkan jalan alternatif di sekitar kawasan industri. Jalan Soekarno-Hatta yang mengalami peningkatan beban lalu lintas akibat aktivitas ekonomi yang intensif, memerlukan pengalihan beban ke rute-rute alternatif guna mengurangi tekanan struktural pada jalan utama. Strategi ini terbukti efektif dalam menekan laju kerusakan jalan dan meningkatkan efisiensi logistik kawasan, sebagaimana juga ditegaskan oleh beberapa penelitian, bahwa penyediaan jalur transportasi alternatif secara langsung berkontribusi pada perpanjangan umur teknis infrastruktur jalan dan efisiensi operasional kawasan industri. (Costa et al., 2022; Pathak et al., 2018).

Namun demikian, penerapan strategi tersebut tidak lepas dari tantangan. Keterbatasan ruang urban, minimnya pendanaan awal, serta hambatan administratif menjadi isu utama yang perlu diatasi. Beberapa penelitian, menyatakan bahwa sinergi lintas sektor, termasuk kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan komunitas lokal, menjadi faktor kunci dalam mempercepat implementasi proyek infrastruktur berbasis perencanaan tata ruang (Alqarni, 2019; Su & Zhang, 2022). Pemanfaatan teknologi informasi seperti sistem informasi geografis (GIS) dan digital twin planning juga diidentifikasi sebagai solusi potensial untuk integrasi data spasial dan pengambilan keputusan yang lebih presisi.

Integrasi layanan transportasi antarmoda juga menjadi salah satu strategi yang diidentifikasi dalam penelitian ini untuk menciptakan sistem mobilitas yang lebih efisien dan adaptif. Dalam wilayah seperti Bontang Lestari, penggabungan moda transportasi darat, laut, dan udara menjadi penting untuk mengurangi kemacetan dan meningkatkan aksesibilitas masyarakat serta distribusi barang. Menurut studi, integrasi antarmoda dapat meningkatkan efisiensi logistik hingga 25%, terutama ketika didukung oleh infrastruktur yang kompatibel dan sistem informasi transportasi yang saling terhubung (Yekimov, 2023; Fernández et al., 2021).

Keterlibatan masyarakat lokal dalam proses perencanaan infrastruktur menjadi temuan penting dalam penelitian ini. Pendekatan partisipatif dinilai mampu meningkatkan ketepatan perencanaan dan keberterimaan kebijakan oleh masyarakat. Hal ini sejalan dengan temuan dari beberapa peneliti, yang menunjukkan bahwa perencanaan berbasis masyarakat mampu mengurangi konflik kepentingan dan meningkatkan akurasi data lokal hingga 30%. Namun, keterbatasan akses data dan rendahnya literasi digital menjadi tantangan yang harus diatasi melalui pelatihan teknis dan pembaruan sistem digital secara berkala (Busskamp, 2022; Anindito et al., 2021).

Hasil penelitian juga menggarisbawahi pentingnya adopsi teknologi hijau dan konsep smart city dalam mendukung mobilitas berkelanjutan. Kendaraan listrik,

sistem transportasi berbasis energi terbarukan, serta manajemen lalu lintas berbasis sensor dan AI menjadi inovasi yang dapat menurunkan emisi karbon dan mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (Gupta et al., 2022; Ghaffarpasand et al., 2022). Meski demikian, resistensi budaya dan tingginya biaya investasi awal memerlukan strategi insentif dan dukungan kebijakan fiskal dari pemerintah daerah maupun nasional.

Selain itu, untuk memperkuat keterhubungan kawasan dan meningkatkan produktivitas regional, integrasi antar wilayah menjadi bagian penting yang perlu terus diperkuat. Penelitian ini menyoroti bahwa penghubung antara kawasan industri, perumahan, dan pusat perdagangan secara efisien akan berdampak pada pertumbuhan ekonomi hingga 20%. Studi menekankan, bahwa integrasi jaringan transportasi antarwilayah yang dilengkapi dengan pemantauan berbasis GIS mampu meminimalkan fragmentasi kebijakan dan mengurangi keterlambatan dalam pembangunan infrastruktur (Macchiarulo et al., 2022; Boyko et al., 2023).

Dengan mempertimbangkan berbagai faktor tersebut, keberhasilan strategi mitigasi terhadap dampak perubahan guna lahan terhadap kerusakan jalan bergantung pada pendekatan yang holistik dan berbasis data. Integrasi lintas sektor, sinergi antarlembaga, dan pemanfaatan teknologi digital merupakan pilar utama dalam mewujudkan sistem transportasi yang tangguh dan berkelanjutan. Keseluruhan temuan ini menegaskan pentingnya keterpaduan antara kebijakan tata ruang, infrastruktur, dan partisipasi publik untuk mendukung pembangunan infrastruktur jalan yang responsif terhadap dinamika wilayah.

Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sekitar 30% ruas jalan mengalami kerusakan fisik yang parah, ditambah dengan risiko longsor pada bahu jalan akibat kondisi topografi dan geologi yang tidak stabil. Peningkatan berat kendaraan kotor (GVW) yang melebihi ambang batas desain awal semakin mempercepat penurunan kualitas perkerasan, sementara struktur jalan yang telah usang tidak mampu mendistribusikan beban secara merata. Data dari berbagai sumber, termasuk Dinas Perhubungan, BPS, dan studi akademik, menggarisbawahi perlunya perbaikan mendasar melalui pendekatan terintegrasi antara pemeliharaan rutin, perbaikan struktur, dan penyesuaian tata ruang yang adaptif.

Analisis mendalam melalui pendekatan SWOT mengidentifikasi kekuatan seperti potensi efisiensi logistik dan dukungan teknologi digital, namun juga mengungkap kelemahan dalam koordinasi penggunaan lahan dan keterbatasan anggaran. Peluang yang ada, seperti investasi infrastruktur hijau dan integrasi layanan transportasi, harus dimanfaatkan untuk meningkatkan mobilitas dan konektivitas antar kawasan, sedangkan ancaman berupa resistensi kebijakan dan konflik kepentingan perlu diantisipasi dengan strategi mitigasi yang tepat. Strategi

pengembangan kawasan yang disusun mencakup pengembangan jalan alternatif untuk angkutan industri, peningkatan keterpaduan layanan transportasi antarmoda, serta promosi mobilitas berkelanjutan dan peningkatan interaksi antar kawasan. Dengan demikian, kebijakan perbaikan dan pengembangan infrastruktur jalan harus dirancang secara komprehensif untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat di Bontang Lestari

Daftar Pustaka

- Abiansyah, L., & Rifai, A. I. (2020). Analysis Traffic Volume of Rigid Pavement Damage on Roads Badami Karawang.
- Aghajani, M. A., Dezfoulan, R. S., Rezaee Arjroody, A., & Rezaei, M. (2017). Applying GIS to Identify the Spatial and Temporal Patterns of Road Accidents Using Spatial Statistics (case study: Ilam Province, Iran). *Transportation Research Procedia*.
- Ahasan, R. (2022). Transportation in urban land change models: a systematic review and future directions. *Journal of Land Use Science*.
- Alqarni, M. (2019). Coordination of geospatial activities for supporting planning of residential infrastructure delivery.
- Anindito, D. B., Sagala, S., & Tarigan, A. K. M. (2021). E-musrenbang: a digital framework for local participatory planning at the community level. *International Development Planning Review*.
- Batrakova, A. G., & Gredasova, O. (2016). Influence of Road Conditions on Traffic Safety. *Procedia Engineering*.
- Boyko, O. V., Prusov, D., Chetverikov, B., & Malanchuk, M. (2023). Conceptual principles of geospatial data geoinformation integration for administrative and economic management of transport infrastructure facilities.
- Buskamp, A. (2022). Promotion of healthy living environments in communities: a digital planning tool for local public health actors. *European Journal of Public Health*.
<https://doi.org/10.1093/eurpub/ckac129.445>
- Chang, C. M., Vavrova, M., & Mahnaz, S. L. (2022). How to Integrate On-Street Bikeway Maintenance Planning Policies into Pavement Management Practices. *Sustainability*.
- Costa, A. F. de O., Cruz, C. O., Sarmiento, J. M., & Sousa, V. F. e. (2022). Impact of alternative concession models on the economic efficiency of road concessions. *Case Studies on Transport Policy*.
- Dai, Y., Jiang, J., Gu, X., Zhao, Y., & Ni, F. (2020). Sustainable Urban Street Comprising Permeable Pavement and Bioretention Facilities: A Practice. *Sustainability*.
- Dell'Anna, F., Bottero, M. C., & Bravi, M. (2021). Geographically Weighted Regression Models to Investigate Urban Infrastructures Impacts.
- Fernández, X. L., Gundelfinger, J., & Coto-Millán, P. (2021). The impact of logistics and intermodality on airport efficiency. *Transport Policy*.
- Ferrer, A. L. C., Thomé, A. M. T., & Scavarda, A. J. (2018). Sustainable urban infrastructure: A review. *Resources Conservation and Recycling*.
- Ghaffarpasand, O., Jahromi, A. M., Maleki, R., Karbassiyazdi, E., & Blake, R. (2022). Intelligent geo-sensing for moving toward smart, resilient, low emission, and less carbon transport.
- Gupta, B., Agrawal, D. P., Sajjad, M., Sheng, M., & Del Ser, J. (2022). Guest Editorial Artificial Intelligence and Deep Learning for Intelligent and Sustainable Traffic and Vehicle Management (VANETs). *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- Irshad, U., & Singla, Dr. S. (2019). Impact of Road Conditions on Traffic Management-A Case Study of Chenab Valley. *International Journal of Scientific & Technology Research*.
- Khan, T., Anderson, M., & Kassu, A. (2018). Promoting Transportation Sustainability by Utilizing Available Roadway Capacity. *Current Urban Studies*.
- Macchiarulo, V., Milillo, P., Blenkinsopp, C., & Giardina, G. (2022). Monitoring deformations of infrastructure networks: A fully automated GIS integration and analysis of InSAR time-series. *Structural Health Monitoring-an International Journal*.
- Nautiyal, A., & Sharma, S. (2021). Condition Based Maintenance Planning of low volume rural roads using GIS. *Journal of Cleaner Production*.
- Pathak, S., Mani, A., Sharma, M., & Chatterjee, A. (2018, November 1). Augmenting Industrial Transportation System with the Internet-of Vehicles Paradigm.
- Rath, S. (2022). A study on the role of Innovative Infrastructure Planning and Development in Sustainable Urban Development. *International Journal of Management and Development Studies*.
- Rofika, R., Ikhsan, M., & Silvia, C. S. (2022). Analisa Kondisi Kerusakan Jalan Desa Pante Rakyat, Kecamatan Babahrot, Kabupaten Aceh Barat Daya. *Jurnal Ekonomi Dan Teknik*.
- Song, Y., Wu, P., Li, Q., Liu, Y., & Karunaratne, L. (2021). Hybrid Nonlinear and Machine Learning Methods for Analyzing Factors Influencing the Performance of Large-Scale Transport Infrastructure. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- Su, Q., & Zhang, W. (2022). Cross-sector collaboration in the process of urban planning reform in China—a case of ‘multiple-plan coordination’ work in Xiamen city, China. *Journal of Asian Public Policy*.
- Wilson, A. B. M., & Naseer, M. A. (2021). NO ROAD CITIES; Study on the Effects of Road Infrastructure on Land Use, Environmental Quality and Human life—A Case of Sarovaram Bypass, Calicut, Kerala.
- Wong, C., Webb, B., Schulze-Baing, A., Baker, M., & Hincks, S. (2015). Spatial synergies and conflicts: Monitoring government policies and programmes in England. <https://doi.org/10.4324/9781315600604-18>
- Yekimov, S. (2023). Improving the efficiency of the transport and logistics sector. *E3S Web of Conferences*.