



## Perancangan Sistem Informasi Geografis Kondisi Jalan pada Kabupaten Labuhan Batu Utara : Tinjauan Literatur

<sup>1\*</sup>Muhammad Irwan Padli Nasution, <sup>2</sup>Muhammad Fauzan Amri

<sup>1,2</sup>Prodi Sistem Informasi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan, Indonesia

Email : <sup>1\*</sup>[irwannst@uinsu.ac.id](mailto:irwannst@uinsu.ac.id), <sup>2</sup>[mfauzanamri27@gmail.com](mailto:mfauzanamri27@gmail.com)

Korespondensi penulis : [irwannst@uinsu.ac.id](mailto:irwannst@uinsu.ac.id)

**Abstract** Road infrastructure is a vital element in supporting economic, social, and transportation activities in a region. Labuhan Batu Utara Regency faces challenges in managing and maintaining road conditions, especially in hard-to-reach areas. This article presents a recent literature review from the past five years on the application of Geographic Information Systems (GIS) for mapping and managing road conditions. The discussion covers technological innovations such as drone usage, machine learning, and crowdsourcing integration within GIS. Additionally, several international and national case studies are referenced to provide insights into the challenges and opportunities of GIS implementation. This article recommends strategies such as open-source GIS implementation, integration with mobile applications, and regular data updates to support efficient road condition management in Labuhan Batu Utara Regency.

**Keywords:** Geographic, Information, System, infrastructure, management.

**Abstrak** Infrastruktur jalan merupakan elemen vital dalam mendukung aktivitas ekonomi, sosial, dan transportasi di suatu daerah. Kabupaten Labuhan Batu Utara menghadapi tantangan dalam pengelolaan dan pemeliharaan kondisi jalan, terutama di wilayah yang sulit dijangkau. Artikel ini menyajikan tinjauan literatur terkini dalam lima tahun terakhir tentang penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pemetaan dan pengelolaan kondisi jalan. Pembahasan mencakup inovasi teknologi, seperti penggunaan drone, pembelajaran mesin, dan integrasi crowdsourcing dalam SIG. Selain itu, beberapa studi kasus internasional dan nasional dijadikan referensi untuk memberikan wawasan tentang tantangan dan peluang implementasi SIG. Artikel ini merekomendasikan strategi implementasi SIG berbasis open source, integrasi dengan aplikasi mobile, dan pemutakhiran data berkala untuk mendukung pengelolaan kondisi jalan yang efisien di Kabupaten Labuhan Batu Utara.

**Kata Kunci:** Sistem, Informasi, Geografis, manajemen, infrastruktur.

### 1. PENDAHULUAN

Kondisi jalan yang baik merupakan kebutuhan utama untuk mendukung konektivitas antarwilayah dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Kabupaten Labuhan Batu Utara, yang terletak di Provinsi Sumatera Utara, merupakan salah satu wilayah strategis dengan luas sekitar 3.520,44 km<sup>2</sup>. Kabupaten ini terdiri dari delapan kecamatan dan 82 desa/kelurahan, dengan perekonomian yang didominasi oleh sektor perkebunan, pertanian, dan perdagangan. Secara geografis, Labuhan Batu Utara memiliki topografi yang bervariasi, meliputi dataran rendah hingga perbukitan, yang menjadikannya jalur penghubung penting antarwilayah di Pulau Sumatera, khususnya sebagai penopang distribusi logistik antara Sumatera Utara dan provinsi tetangganya.

Namun, kemajuan ekonomi di Labuhan Batu Utara menghadapi hambatan besar dari segi infrastruktur jalan. Infrastruktur jalan merupakan salah satu faktor krusial yang memengaruhi mobilitas masyarakat dan distribusi barang. Sayangnya, sebagian besar jalan di kabupaten ini berada dalam kondisi rusak atau tidak layak pakai. Berdasarkan laporan dari pemerintah daerah, jalan-jalan di Labuhan Batu Utara sering kali mengalami kerusakan seperti lubang besar, retakan, dan genangan air, terutama di daerah pedesaan yang jauh dari pusat pemerintahan. Selain itu, beberapa jalan utama bahkan belum dilapisi aspal sehingga rentan terhadap erosi dan banjir selama musim hujan.

Berbagai faktor berkontribusi terhadap kondisi buruk infrastruktur jalan di wilayah ini. Curah hujan yang tinggi sepanjang tahun mempercepat kerusakan jalan, terutama jalan yang belum diaspal. Di sisi lain, beban kendaraan berat seperti truk pengangkut hasil pertanian dan perkebunan sering kali melampaui kapasitas jalan. Selain itu, terbatasnya alokasi anggaran untuk perawatan rutin dan pembangunan jalan baru semakin memperburuk kondisi ini. Akibatnya, masyarakat menghadapi berbagai kesulitan, mulai dari meningkatnya biaya logistik hingga terbatasnya akses terhadap fasilitas penting seperti layanan kesehatan dan pendidikan.

Sebagai contoh, masyarakat di Kecamatan Kualuh Hulu dan Aek Natas sering melaporkan sulitnya mendistribusikan hasil perkebunan seperti kelapa sawit dan karet ke pusat perdagangan akibat kerusakan jalan. Kondisi ini tidak hanya merugikan secara ekonomi, tetapi juga menghambat pertumbuhan wilayah dan kualitas hidup masyarakat.

Saat ini, pengelolaan data infrastruktur jalan di Kabupaten Labuhan Batu Utara masih dilakukan secara manual, dengan dokumentasi yang tersebar di berbagai instansi terkait. Pendekatan ini cenderung tidak efisien, karena pengambilan keputusan sering kali bersifat reaktif dan kurang berdasarkan data yang akurat. Sistem monitoring kondisi jalan yang ada hanya dilakukan setelah kerusakan terjadi, tanpa adanya upaya pencegahan atau prediksi yang dapat mengurangi dampak kerusakan.

Sistem Informasi Geografis (SIG) menawarkan solusi potensial untuk permasalahan ini. SIG adalah teknologi yang memungkinkan pengumpulan, pengolahan, analisis, dan visualisasi data spasial secara efektif. Dalam konteks pengelolaan jalan, SIG dapat digunakan untuk memetakan kondisi jalan secara real-time, mengidentifikasi wilayah yang paling membutuhkan perbaikan, serta membantu pemerintah daerah dalam merancang strategi pemeliharaan yang terintegrasi. Teknologi ini juga memungkinkan integrasi data dari berbagai

sumber, seperti survei lapangan, citra satelit, dan laporan masyarakat, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

Implementasi SIG di berbagai daerah, baik di Indonesia maupun di negara lain, telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan infrastruktur jalan. Beberapa studi kasus menunjukkan bagaimana SIG dapat membantu pemerintah memprioritaskan perbaikan jalan berdasarkan tingkat kerusakan, meningkatkan transparansi alokasi anggaran, dan mengurangi biaya operasional dalam jangka panjang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi penerapan SIG dalam pengelolaan kondisi jalan di Kabupaten Labuhan Batu Utara. Dengan menggunakan pendekatan berbasis literatur, penelitian ini akan mengidentifikasi manfaat, tantangan, dan rekomendasi untuk implementasi SIG yang efektif. Harapannya, penelitian ini dapat menjadi landasan bagi pemerintah daerah dalam meningkatkan kualitas infrastruktur jalan, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Labuhan Batu Utara.

## **2. METODOLOGI**

Artikel ini merupakan studi literatur yang mengkaji berbagai penelitian dan implementasi SIG untuk pemetaan dan pengelolaan kondisi jalan. Pencarian literatur dilakukan melalui database seperti IEEE Xplore, ScienceDirect, Springer, dan Google Scholar, serta jurnal nasional melalui Garuda (Garba Rujukan Digital). Kata kunci pencarian meliputi *SIG untuk jalan*, *GIS for road condition*, *road mapping systems*, dan *geospatial technologies*. Studi yang dipilih mencakup:

1. Penelitian tentang SIG dalam pemetaan jalan dan pengelolaan infrastruktur.
2. Penggunaan teknologi terbaru seperti drone, pembelajaran mesin, dan crowdsourcing.
3. Studi kasus dari Indonesia dan luar negeri untuk memberikan perspektif yang lebih luas.

### 3. PEMBAHASAN

#### Penerapan Teknologi SIG dalam Pemetaan Jalan

SIG telah berkembang sebagai alat utama dalam pemetaan dan pengelolaan jalan. Di Indonesia, SIG digunakan untuk mendukung pemetaan kondisi jalan di berbagai daerah, seperti pemetaan jalan desa di Kabupaten Bantul (Putri et al., 2022) dan pemantauan kondisi jalan berbasis QGIS di Kalimantan Selatan (Ramadhan et al., 2020).

##### a. Penggunaan Drone

Drone merupakan alat yang efektif untuk mengumpulkan data spasial dengan cepat dan akurat. Studi oleh Rahman et al. (2020) menunjukkan bahwa drone dapat memindai area jalan dengan tingkat akurasi tinggi hingga 5 cm per piksel, memungkinkan identifikasi detail kecil seperti retakan.

- i. Manfaat: Efisiensi waktu dan biaya dibandingkan survei manual.
- ii. Tantangan: Membutuhkan operator yang terlatih dan perangkat tambahan untuk analisis data.

##### b. Integrasi Pembelajaran Mesin (Machine Learning)

Algoritma pembelajaran mesin seperti Random Forest dan Neural Networks digunakan untuk menganalisis pola kerusakan jalan berdasarkan data historis, faktor lingkungan, dan volume lalu lintas (Prasetyo et al., 2023). Teknologi ini memungkinkan prediksi kerusakan di masa depan sehingga pemerintah dapat memprioritaskan perbaikan.

##### c. Crowdsourcing Data Jalan

Crowdsourcing melibatkan masyarakat untuk melaporkan kondisi jalan melalui aplikasi mobile berbasis SIG. Nugroho et al. (2022) menunjukkan bahwa metode ini dapat meningkatkan efisiensi pengumpulan data real-time, terutama di wilayah terpencil.

#### Studi Kasus Implementasi SIG

Studi kasus implementasi Sistem Informasi Geografis (SIG) menunjukkan berbagai pendekatan dan hasil yang relevan untuk pengelolaan kondisi jalan di berbagai daerah, baik nasional maupun internasional. Studi ini memberikan wawasan mendalam tentang tantangan, solusi, dan keberhasilan dalam penerapan SIG.

**a. Indonesia: Pemanfaatan QGIS di Kalimantan Selatan**

Penelitian oleh Ramadhan et al. (2020) mengungkapkan bahwa penggunaan perangkat lunak open-source QGIS dalam pemetaan jalan di Kalimantan Selatan berhasil meningkatkan akurasi dan efisiensi perencanaan perbaikan jalan. Proyek ini melibatkan pengumpulan data lapangan menggunakan GPS yang kemudian diproses dalam QGIS untuk menghasilkan peta kondisi jalan yang terintegrasi. Dengan memanfaatkan QGIS, pemerintah daerah dapat memvisualisasikan area prioritas untuk perbaikan jalan dengan lebih baik.

Salah satu keuntungan utama dari pendekatan ini adalah biaya yang rendah karena sifat open-source dari perangkat lunak QGIS. Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi tantangan berupa kurangnya sumber daya manusia yang terlatih dalam pengoperasian perangkat lunak tersebut. Pelatihan intensif dan pendampingan teknis menjadi rekomendasi utama dari studi ini.

**b. Yogyakarta: Pemetaan Jalan Berbasis SIG**

Di Yogyakarta, Riyadi et al. (2021) melaporkan keberhasilan penggunaan SIG untuk mendukung perencanaan perbaikan jalan. Proyek ini melibatkan integrasi data spasial dengan informasi anggaran perbaikan, memungkinkan visualisasi yang lebih komprehensif dalam proses pengambilan keputusan. Salah satu inovasi dalam studi ini adalah pengembangan dashboard interaktif yang memungkinkan pemangku kepentingan mengakses data secara real-time.

Dengan demikian, alokasi anggaran dan sumber daya dapat dilakukan secara lebih transparan dan akurat. Studi ini menunjukkan bahwa teknologi SIG dapat menjadi alat yang efektif untuk mendukung tata kelola infrastruktur jalan di daerah perkotaan, terutama jika dikombinasikan dengan data ekonomi dan sosial.

**c. India: Pengelolaan Infrastruktur Pasca-Bencana**

Studi kasus di Kerala, India, menunjukkan peran penting SIG dalam pemetaan kerusakan jalan pasca-bencana banjir besar (Ramesh et al., 2019). Pemerintah menggunakan SIG untuk mengintegrasikan data satelit dengan survei lapangan, memungkinkan identifikasi cepat terhadap jalan-jalan yang rusak parah. Teknologi ini juga digunakan untuk memprioritaskan perbaikan berdasarkan tingkat kerusakan dan pentingnya jalan bagi akses masyarakat. Implementasi ini berhasil mempercepat proses rehabilitasi infrastruktur jalan dari beberapa bulan menjadi hanya beberapa minggu.

Studi ini menyoroti pentingnya data spasial yang akurat dan real-time dalam situasi darurat. Tantangan yang dihadapi termasuk keterbatasan akses ke data satelit yang berkualitas tinggi dan kurangnya infrastruktur teknologi di daerah terpencil.

**d. Jerman: Optimalisasi Pemeliharaan Jalan dengan SIG**

Di Jerman, penggunaan SIG telah diintegrasikan dengan algoritma pembelajaran mesin untuk memprediksi kerusakan jalan berdasarkan data historis, volume lalu lintas, dan kondisi lingkungan (Müller et al., 2020). Pendekatan ini memungkinkan pemerintah daerah untuk mengoptimalkan anggaran pemeliharaan dengan memprioritaskan jalan-jalan yang memiliki risiko kerusakan tinggi.

Studi ini juga menunjukkan bahwa penggunaan sensor IoT yang dipasang di jalan dapat memberikan data real-time tentang kondisi jalan, seperti tingkat deformasi dan retakan. Data ini kemudian diolah dalam sistem SIG untuk menghasilkan peta risiko kerusakan yang sangat akurat. Salah satu keberhasilan terbesar dari proyek ini adalah pengurangan biaya pemeliharaan hingga 25% dalam tiga tahun pertama implementasi.

**e. Amerika Serikat: Crowdsourcing Data Jalan**

Di Amerika Serikat, pemerintah beberapa negara bagian seperti California telah memanfaatkan pendekatan crowdsourcing untuk mengumpulkan data kondisi jalan melalui aplikasi mobile berbasis SIG (Johnson et al., 2020). Masyarakat dapat melaporkan kerusakan jalan seperti lubang atau retakan langsung melalui aplikasi tersebut, yang kemudian dipetakan secara otomatis dalam SIG. Data ini membantu otoritas transportasi untuk merespons laporan dengan cepat dan merencanakan perbaikan secara efisien. Studi ini menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat dapat meningkatkan akurasi dan cakupan data jalan, terutama di daerah

## **Rekomendasi Perancangan SIG untuk Kabupaten Labuhan Batu Utara**

Berdasarkan tinjauan literatur, berikut adalah rekomendasi implementasi SIG di Kabupaten Labuhan Batu Utara:

1. **Menggunakan Platform Open Source:** Platform seperti QGIS dapat mengurangi biaya pengembangan.
2. **Integrasi dengan Aplikasi Mobile:** Membuat aplikasi sederhana untuk pelaporan kerusakan jalan oleh masyarakat.

3. **Pemutakhiran Data Berkala:** Melakukan survei rutin untuk memastikan data kondisi jalan selalu akurat.
4. **Pelatihan SDM:** Mengadakan pelatihan intensif bagi staf pemerintah untuk mengoperasikan SIG.
5. **Analisis Prediktif:** Menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk memprediksi area dengan potensi kerusakan tinggi.

#### **4. KESIMPULAN**

Sistem Informasi Geografis (SIG) memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan infrastruktur jalan. Dengan memanfaatkan teknologi seperti drone, pembelajaran mesin, dan crowdsourcing, Dengan kemampuan SIG dalam mengelola dan menganalisis data spasial, pemerintah dapat memetakan kondisi jalan secara real-time, memprioritaskan perbaikan berdasarkan tingkat kerusakan, serta mengoptimalkan alokasi anggaran.

Berbagai studi dan implementasi SIG di wilayah lain telah membuktikan efektivitas teknologi ini dalam pengelolaan infrastruktur jalan. Namun, penerapan SIG di Kabupaten Labuhan Batu Utara menghadapi beberapa tantangan, seperti keterbatasan sumber daya manusia yang terampil, kebutuhan akan infrastruktur pendukung, dan alokasi anggaran yang memadai. Oleh karena itu, implementasi SIG memerlukan pendekatan yang holistik, termasuk pelatihan sumber daya manusia, pengadaan perangkat teknologi, serta kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dan masyarakat. pemerintah Kabupaten Labuhan Batu Utara dapat merancang sistem pemetaan yang efisien, interaktif, dan berbasis data. Dukungan pemerintah dalam hal anggaran, pelatihan, dan pembaruan data akan menjadi faktor kunci keberhasilan implementasi SIG di masa mendatang.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Darmawan, A., et al. (2021). Challenges in implementing GIS for road infrastructure in Indonesia. *International Journal of Civil Engineering*, 25(1), 67–79.
- Hidayat, S., et al. (2021). Training and capacity building for GIS implementation in local governments. *Journal of Infrastructure Policy and Management*, 14(3), 298–312.
- Li, Z., et al. (2021). Predictive road damage assessment using machine learning and GIS. *International Journal of Infrastructure Management*, 28(2), 89–107.
- Nugroho, T., et al. (2022). Crowdsourcing-based mobile GIS for road damage reporting. *Journal of Urban Planning and Development*, 48(2), 89–102.

- Prasetyo, E., et al. (2023). Integrating machine learning and GIS for predicting road conditions. *Geospatial Intelligence Review*, 7(1), 45–67.
- Putri, A. D., et al. (2022). Penerapan QGIS untuk pemetaan jalan desa di Bantul. *Jurnal Geospasial Indonesia*, 14(2), 45–57.
- Rahman, F., et al. (2020). Drone technology in GIS applications for road condition monitoring. *Journal of Remote Sensing Applications*, 12(4), 201–216.
- Ramadhan, F., et al. (2020). Pemetaan kondisi jalan menggunakan SIG berbasis open source di Kalimantan Selatan. *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan*, 12(3), 67–82.
- Ramesh, K., et al. (2019). Post-disaster road condition mapping using GIS: A case study in Kerala. *Disaster Management Review*, 15(4), 211–225.
- Riyadi, A., et al. (2021). Implementation of QGIS for road maintenance mapping in Indonesia. *Journal of Geospatial Applications*, 10(3), 45–57.
- Rizky, T., et al. (2022). GIS for rural road infrastructure development in developing countries. *International Journal of Rural Studies*, 8(1), 98–114.
- Smith, J., et al. (2020). Integrating big data and GIS for road infrastructure monitoring. *Journal of Infrastructure Studies*, 18(6), 322–340.
- Susanti, R., et al. (2022). The role of GIS in prioritizing road maintenance. *Journal of Public Works and Spatial Planning*, 30(1), 67–82.
- Wahyudi, S., et al. (2020). GIS-based decision support system for road repairs. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 11(6), 455–462.
- Yusuf, M., et al. (2021). Integration of GPS and GIS for road infrastructure analysis. *International Journal of Spatial Analysis*, 29(2), 188–199.