

Analisis Kondisi Perkerasan Jalan pada Kawasan Rawan Banjir Rob di Kecamatan Sayung Menggunakan Metode PCI dan SIG

Alif Lombardoaji Sidiq*, Alisya Fadila Maharani, Rio Abi Pratama

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Sistem Informasi Geografis (SIG); Pavement Condition Index (PCI); kerusakan jalan; banjir rob; Kecamatan Sayung.

***Correspondence email:**

aliflombardo@untagsmg.ac.id

Submitted: 14 Juli 2026

Revised: 05 Agustus 2026

Accepted: 05 Agustus 2026

Published: 09 Agustus 2026

ABSTRAK

Kondisi jalan di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak mengalami berbagai kerusakan pada kawasan yang rawan banjir rob, dilalui kendaraan berat, memiliki kondisi drainase yang kurang baik, dan mengalami penurunan tanah. Kerusakan ini sangat merugikan kelancaran transportasi, keselamatan pengguna jalan dan pengembangan ekonomi masyarakat, sehingga kondisi jalan tersebut harus diidentifikasi dan ditentukan prioritas penanganannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan jalan, menentukan tingkat kondisi perkerasan menggunakan metode Pavement Condition Index (PCI) dan memetakan distribusi kerusakan jalan menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS) dengan ArcGIS 10.8. Penelitian ini merupakan investigasi kuantitatif, dengan survei lapangan melalui GPS dan dokumentasi lapangan, data sekunder berupa DEMNAS, jaringan jalan, dan batas administrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat sembilan titik kerusakan pada jalan arteri dan jalan lokal serta terdapat berbagai jenis kerusakan seperti retak buaya, retak memanjang, retak tepi, lubang, penurunan, dan pelepasan butiran. Analisis PCI pada sembilan unit pengamatan memiliki nilai rata-rata 69,89 dan termasuk kategori Baik, yang menggambarkan kondisi rata-rata unit jalan yang disurvei dan bukan seluruh jaringan jalan di Kecamatan Sayung, meskipun beberapa area perlu dipelihara secara rutin, overlay atau bahkan dibangun kembali. Peta kerusakan jalan dalam GIS dapat menggambarkan distribusi spasial kerusakan secara akurat sehingga Pemerintah Kabupaten Demak dapat membuat keputusan tentang pemeliharaan dan perbaikan jalan dengan lebih tepat dan efisien.

ABSTRACT

Keywords:

Geographic Information System (GIS); Pavement Condition Index (PCI); Road Damage; Tidal Flooding; Sayung District.

The road infrastructure in Sayung District, Demak Regency, has experienced various forms of pavement deterioration in areas prone to tidal flooding, subject to heavy traffic loads, affected by insufficient drainage, and experiencing land subsidence. These factors affect road condition, road safety, and regional economic development, so the assessment of road condition is essential for road condition management and maintenance planning. This study was intended to identify road pavement distress, evaluate pavement condition using the PCI method, and to map the spatial distribution of road damage using a Geographic Information System (GIS) map with ArcGIS 10.8. Using a descriptive quantitative approach, primary data were collected through field surveys, GPS-based coordinate acquisition, and field documentation with secondary data from DEMNAS, road network, and administrative boundary maps. The results indicated nine road damage locations in the arterial and local roads, including alligator cracking, longitudinal cracking, edge cracking, potholes, depressions, raveling, etc. The PCI analysis of the nine observation units has an average value of 69.89, classified as good, representing the average condition of the surveyed road units rather than the entire road network in Sayung District; however, a few road segments require regular maintenance, overlay, or reconstruction. The GIS-based road damage map can show the magnitude of pavement deterioration and can be used to prioritize road maintenance and make decisions for the Government of Demak Regency.

PENDAHULUAN

Jalan adalah salah satu infrastruktur transportasi yang memainkan peran strategis dalam mobilitas masyarakat, distribusi barang dan jasa, serta pengembangan ekonomi suatu wilayah (Linneker & Spence, 1996). Perkerasan jalan yang baik tidak hanya memberikan kenyamanan bagi pengguna tetapi juga meningkatkan keselamatan dan efisiensi perjalanan. Oleh karena itu, peningkatan kualitas jalan harus terus dilakukan dan pelayanan jalan harus dipertahankan agar fungsi pelayanan infrastruktur optimal (Yalew et al., 2023).

Perkembangan teknologi informasi telah memberikan kontribusi besar terhadap inventarisasi dan penilaian jalan. Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah salah satu teknologi yang paling banyak digunakan karena dapat menggabungkan data spasial dan atribut sehingga lokasi kerusakan dapat divisualisasikan dengan lebih informatif. Model Elevasi Digital (DEM) dalam SIG juga memfasilitasi analisis kondisi regional dan akses informasi kerusakan

jalan lebih cepat, lebih akurat, dan lebih efisien dibandingkan metode tradisional. Untuk memastikan informasi spasial diproses dengan baik dan dapat diandalkan, terdapat metode penilaian kondisi perkerasan yang dapat memberikan hasil kuantitatif (Abu Dabous et al., 2021). Indeks Kondisi Perkerasan (PCI) adalah salah satu metode yang populer (Dhiaulhaq & Fauzan, 2022). Teknik ini dapat digunakan untuk menilai kondisi perkerasan berdasarkan jenis kerusakan, tingkat keparahan, dan luas kerusakan untuk mendapatkan indeks kondisi jalan yang dapat digunakan untuk menemukan prioritas penanganan atau pemeliharaan.

Kabupaten Demak adalah salah satu wilayah di Provinsi Jawa Tengah yang terhubung langsung dengan Kota Semarang dan memiliki peran fungsional dalam menghubungkan wilayah Pantai Utara (Pantura) Pulau Jawa. Dari semua kecamatan, Kecamatan Sayung adalah yang memiliki lalu lintas tinggi karena merupakan jalan kendaraan angkutan dan logistik yang melintasi kota dan ke kawasan industri. Karena intensitas lalu lintas yang tinggi, ruas jalan di kecamatan ini menerima beban layanan yang relatif besar setiap hari. Berdasarkan informasi dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Demak, beberapa jalan kolektor dan jalan lokal di Kecamatan Sayung mengalami penurunan kondisi perkerasan yang memerlukan penanganan bertahap (Badan Pusat Statistik Kabupaten Demak, 2024). Banyak faktor berbeda yang berkontribusi terhadap dampak kerusakan jalan, baik dari lingkungan maupun operasi jalan.

Salah satu penyebab utama kerusakan jalan di Kecamatan Sayung adalah tingginya jumlah kendaraan berat yang melintasi ruas jalan dengan beban melebihi kapasitas yang direncanakan (*overloading*). Hal ini meningkatkan kerusakan lapisan perkerasan dan umur layanan jalan menjadi lebih pendek. Selain itu, kondisi pesisir di Kecamatan Sayung berkontribusi terhadap terjadinya banjir rob dan genangan air laut yang lama di permukaan jalan. Hal ini diperparah oleh sistem drainase yang belum mampu menyalurkan air secara efektif dan material perkerasan yang terdegradasi (Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Demak, 2025). Paparan terus-menerus terhadap genangan air laut yang dipadukan dengan curah hujan tinggi dan penurunan tanah diduga berkaitan dengan pelemahan lapisan perkerasan secara perlahan. Dampaknya dapat dilihat dari perkembangan berbagai jenis kerusakan (retak buaya, retak memanjang, lubang, penurunan dan pelepasan butiran) yang akan terus terjadi jika tidak ditangani tepat waktu. Berdasarkan kondisi ini, penelitian diperlukan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan jalan dan memetakan distribusinya dari permukaan. Dalam sebuah studi, metode Indeks Kondisi Perkerasan (PCI) digunakan untuk mengukur kondisi perkerasan dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan distribusi kerusakan jalan di Kecamatan Sayung. Hasil penelitian akan memberikan informasi yang akan membantu Pemerintah Kabupaten Demak menentukan prioritas pemeliharaan, rehabilitasi, dan peningkatan kualitas infrastruktur jalan dengan lebih efektif dan akurat. Penelitian ini bersifat deskriptif; istilah dampak banjir rob digunakan untuk menggambarkan kondisi kerusakan perkerasan pada kawasan yang mengalami banjir rob, bukan untuk menyatakan hubungan sebab-akibat yang diuji secara statistik.

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif deskriptif untuk menyelidiki kondisi perkerasan jalan di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Kami telah mengidentifikasi berbagai jenis kerusakan yang terjadi, menetapkan tingkat kondisi perkerasan berdasarkan metode Pavement Condition Index (PCI), dan membuat peta distribusi kerusakan jalan menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS) sebagai media analisis spasial. Penilaian kondisi perkerasan dilakukan dengan metode PCI, yang merupakan metode evaluasi yang mempertimbangkan jenis kerusakan, tingkat keparahan, dan luas kerusakan pada setiap unit sampel jalan (Sukirman, 2016). Proses identifikasi kerusakan mengacu pada standar ASTM D6433, memastikan bahwa hasil penilaian secara teknis sesuai dengan standar internasional (ASTM International, 2024).

Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang disusun secara sistematis agar proses pengumpulan hingga analisis data dapat berjalan secara efektif. Adapun tahapan penelitian meliputi:

1. Melakukan studi literatur sebagai dasar penyusunan kerangka penelitian.
2. Mengumpulkan data primer dan data sekunder yang mendukung penelitian.
3. Melaksanakan survei lapangan untuk mengidentifikasi kondisi kerusakan jalan.
4. Mengolah data spasial menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8.
5. Menghitung nilai *Pavement Condition Index* (PCI) pada setiap segmen jalan.
6. Menganalisis hasil penelitian serta menyusun rekomendasi penanganan berdasarkan kondisi perkerasan.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini mencakup beberapa jalan di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah. Pemilihan lokasi didasarkan pada situasi daerah yang sering terkena banjir rob dan penurunan tanah yang mengakibatkan kerusakan perkerasan yang cukup parah (Knott et al., 2018). Selain faktor lingkungan tersebut, Kecamatan Sayung juga

merupakan bagian dari jalur utama Pantai Utara Jawa (Pantura), yang melayani volume lalu lintas yang tinggi dari truk dan kendaraan berat ke kawasan industri dan pergudangan. Oleh karena itu, ruas jalan berada di bawah tekanan lalu lintas yang berat dan kualitas perkerasan jalan juga terpengaruh secara negatif. Unit pengamatan penelitian terdiri atas sembilan segmen jalan sepanjang 100 m yang memiliki kerusakan teridentifikasi, yaitu lima segmen pada jalan arteri dan empat segmen pada jalan lokal. Hasil penelitian hanya menggambarkan kondisi sembilan unit pengamatan tersebut.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui kegiatan survei dan observasi lapangan pada lokasi penelitian. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi aktual mengenai kondisi perkerasan jalan sehingga hasil analisis dapat menggambarkan keadaan sebenarnya di lapangan. Data primer yang dikumpulkan meliputi:

1. Koordinat Titik Kerusakan Jalan

Koordinat setiap titik kerusakan diperoleh menggunakan perangkat Global Positioning System (GPS) atau aplikasi GPS pada telepon pintar. Seluruh titik dicatat dalam sistem koordinat WGS 1984 sehingga dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak ArcGIS untuk proses analisis spasial.

2. Dokumentasi Lapangan

Dokumentasi dilakukan melalui pengambilan foto pada setiap lokasi kerusakan. Dokumentasi tersebut berfungsi sebagai bukti visual kondisi lapangan sekaligus membantu proses identifikasi jenis kerusakan sesuai dengan klasifikasi metode PCI.

3. Data Geometri Jalan

Data geometri yang dikumpulkan meliputi:

- a. Panjang ruas jalan.
- b. Lebar perkerasan.
- c. Jumlah lajur lalu lintas.
- d. Kondisi bahu jalan.
- e. Kondisi saluran drainase.

Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam penentuan luas unit sampel pada proses perhitungan PCI.

4. Data Jenis Kerusakan Jalan

Identifikasi kerusakan mengacu pada standar ASTM D6433 (Loprencipe & Pantuso, 2017) dengan klasifikasi kerusakan yang meliputi:

- a. Retak kulit buaya (*alligator cracking*).
- b. Retak memanjang (*longitudinal cracking*).
- c. Retak tepi (*edge cracking*).
- d. Lubang (*potholes*).
- e. Pelepasan butiran (*raveling*).
- f. Alur (*rutting*).
- g. Amblas (*depression*).
- h. Tambalan (*patching*).

Selain mengidentifikasi jenis kerusakan, dilakukan pula pengukuran dimensi kerusakan serta penentuan tingkat keparahan yang diklasifikasikan menjadi rendah (low), sedang (medium), dan tinggi (high).

5. Kondisi Lingkungan Sekitar Jalan

Observasi lapangan juga dilakukan terhadap beberapa faktor lingkungan yang berpotensi memengaruhi kondisi perkerasan jalan, antara lain:

- a. Genangan akibat banjir rob.
- b. Kondisi sistem drainase.
- c. Intensitas kendaraan berat.
- d. Kondisi tanah dasar.
- e. Aktivitas kawasan industri di sekitar lokasi penelitian.

Data sekunder adalah data pendukung dari pemerintah, lembaga terkait, atau hasil penelitian sebelumnya. Data ini digunakan untuk membantu analisis spasial, memperkuat interpretasi hasil penelitian, dan mempersiapkan peta kerusakan jalan. Data sekunder yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah sebagai berikut.

1. Data Model Elevasi Digital Nasional (DEMNAS).

Data Model Elevasi Digital Nasional (DEMNAS) digunakan untuk mendapatkan informasi tentang kondisi topografi dan elevasi dari area penelitian. Informasi ini juga digunakan untuk membuat peta topografi dan menganalisis area yang mungkin terkena dampak genangan banjir rob.

2. Peta Administrasi Kecamatan Sayung

Peta administrasi digunakan untuk menentukan batas wilayah penelitian serta menjadi acuan dalam proses pengolahan data spasial menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8.

3. Data Jaringan Jalan

Data jaringan jalan diperoleh dari instansi yang berwenang dan digunakan untuk mengidentifikasi klasifikasi ruas jalan, baik jalan nasional, jalan provinsi, maupun jalan kabupaten. Data ini juga berfungsi sebagai dasar dalam penyajian peta distribusi kerusakan jalan.

4. Data Curah Hujan

Data curah hujan digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh faktor hidrologi terhadap kondisi perkerasan jalan. Informasi tersebut membantu menjelaskan keterkaitan antara intensitas hujan dengan perkembangan kerusakan yang terjadi pada lokasi penelitian.

5. Data Banjir Rob

Data mengenai banjir rob diperoleh dari BMKG, Pemerintah Kabupaten Demak, serta berbagai penelitian terdahulu. Data tersebut dimanfaatkan untuk mengidentifikasi wilayah yang sering mengalami genangan air laut sehingga dapat dianalisis hubungannya terhadap tingkat kerusakan perkerasan jalan.

6. Data Lalu Lintas

Data lalu lintas digunakan untuk mengetahui karakteristik kendaraan yang melintasi lokasi penelitian, khususnya intensitas kendaraan berat yang berpotensi mempercepat penurunan kondisi perkerasan jalan.

Pengolahan Data Menggunakan ArcGIS 10.8

Pengolahan data spasial dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8 dengan tujuan menghasilkan peta topografi serta peta persebaran kerusakan jalan di Kecamatan Sayung. Tahapan pengolahan data dilaksanakan secara sistematis agar informasi spasial yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi yang baik.

Tahapan pengolahan data meliputi:

1. Mengunduh data DEMNAS sesuai dengan wilayah penelitian.
2. Mengimpor data DEMNAS ke dalam perangkat lunak ArcGIS 10.8.
3. Menentukan sistem koordinat menggunakan Geographic Coordinate System (GCS) WGS 1984 agar seluruh data spasial berada pada sistem referensi yang sama.
4. Melakukan proses mosaic apabila data DEMNAS terdiri atas lebih dari satu lembar raster sehingga membentuk satu kesatuan data.
5. Melakukan proses clip berdasarkan batas administrasi Kecamatan Sayung untuk memperoleh area penelitian yang lebih spesifik.
6. Membuat model topografi menggunakan fitur Hillshade sehingga kondisi relief permukaan wilayah dapat divisualisasikan dengan lebih jelas.
7. Mengelompokkan kelas elevasi menggunakan fitur Reclassify sebagai dasar analisis topografi.
8. Mengonversi data raster menjadi data poligon agar dapat digunakan pada analisis spasial lanjutan.
9. Memasukkan koordinat hasil survei lapangan ke dalam ArcGIS sehingga setiap titik kerusakan dapat ditampilkan sesuai posisi geografisnya.
10. Menampilkan persebaran titik kerusakan pada jaringan jalan untuk mengetahui pola distribusi kerusakan di wilayah penelitian.
11. Menyusun layout peta yang terdiri atas peta topografi dan peta persebaran kerusakan jalan sehingga siap digunakan sebagai media penyajian hasil penelitian.

Analisis Pavement Condition Index (PCI)

Analisis kondisi perkerasan jalan menggunakan metode Pavement Condition Index (PCI) dilakukan untuk menentukan tingkat pelayanan perkerasan berdasarkan jenis kerusakan, tingkat keparahan, dan luas kerusakan yang ditemukan di setiap unit sampel.

Langkah-langkah analisis PCI adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai Density, yaitu persentase luas kerusakan terhadap luas unit sampel.
2. Menentukan Deduct Value (DV) berdasarkan jenis kerusakan, tingkat keparahan, dan nilai density.
3. Menjumlahkan seluruh nilai Deduct Value sehingga diperoleh Total Deduct Value (TDV).
4. Menghitung Corrected Deduct Value (CDV) menggunakan kurva koreksi PCI sesuai ketentuan metode.
5. Menentukan nilai Pavement Condition Index (PCI) menggunakan persamaan berikut:

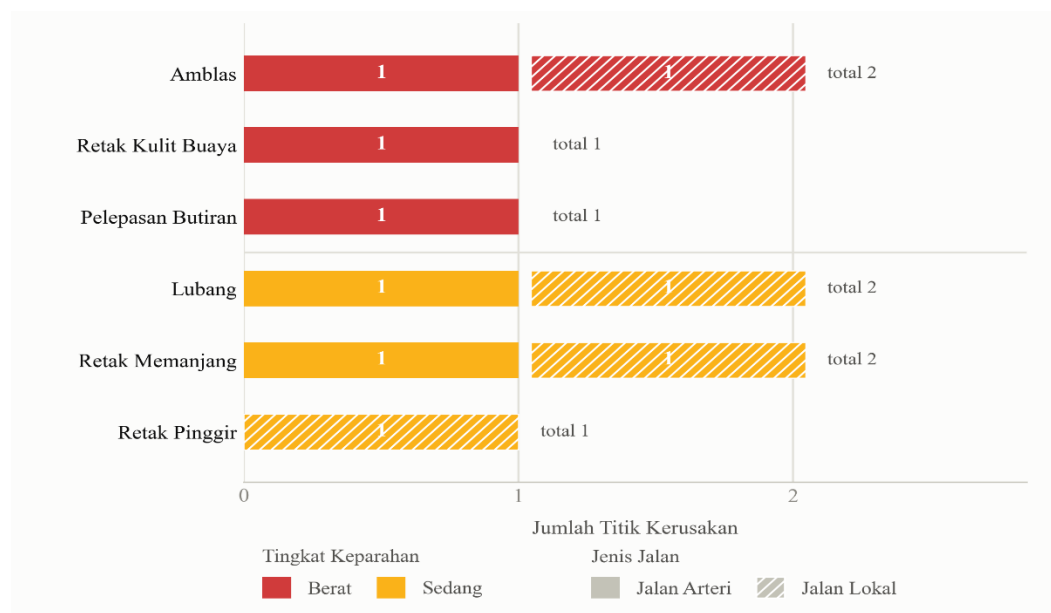
$$PCI = 100 - CDV \quad (1)$$

Nilai PCI yang diperoleh kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori kondisi perkerasan, mulai dari Excellent, Very Good, Good, Fair, Poor, Very Poor, Serious, hingga Failed (Tasmin et al., 2022). Hasil analisis PCI kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan jenis perawatan yang tepat untuk setiap segmen jalan. Perawatan dapat

berupa pemeliharaan rutin, overlay, rehabilitasi, atau rekonstruksi, tergantung pada tingkat kerusakan yang ditemukan dalam analisis. Secara umum, tahapan penelitian ini disusun mulai dari studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, survei lapangan, pengolahan data menggunakan ArcGIS 10.8, analisis kondisi perkerasan menggunakan metode PCI, hingga penyusunan kesimpulan dan rekomendasi penanganan jalan. Uraian tahapan tersebut memberikan gambaran tentang hubungan antara tahap penelitian ini dan penelitian terkait lainnya sehingga proses implementasi dapat dipahami dan terstruktur.

Hasil Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang kondisi perkerasan pada ruas jalan yang diteliti di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Survei dilakukan melalui observasi langsung dan bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan, lokasi kerusakan, tingkat keparahan, dan karakteristik kerusakan yang ditemukan pada setiap segmen jalan. Informasi yang diperoleh kemudian digunakan untuk analisis menggunakan metode Indeks Kondisi Perkerasan (PCI) dan penyusunan peta distribusi kerusakan berdasarkan Sistem Informasi Geografis (GIS). Hasil survei kerusakan jalan di Kecamatan Sayung ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Distribusi Jenis dan Tingkat Kerusakan Jalan Hasil Survei Lapangan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak (n = 9 titik kerusakan)

Sumber: Hasil penelitian (2026)

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, ditemukan sembilan titik kerusakan yang tersebar pada ruas jalan arteri maupun jalan lokal di Kecamatan Sayung. Variasi kerusakan yang dijumpai menunjukkan bahwa setiap ruas jalan memiliki tingkat kerusakan yang berbeda sesuai dengan kondisi lingkungan, beban lalu lintas, dan karakteristik perkerasan.

Perhitungan PCI Kecamatan Sayung

Berdasarkan hasil survei, jenis kerusakan yang paling umum di lokasi penelitian adalah retak buaya, retak memanjang, retak tepi, lubang, penurunan, dan pelepasan butiran. Setiap jenis kerusakan memiliki karakteristik spesifiknya sendiri dan harus ditangani sesuai dengan tingkat keparahannya. Retak buaya umumnya ditemukan di jalan arteri. Kerusakan ini menunjukkan bahwa struktur perkerasan kurang mampu menahan beban kendaraan yang berulang dan melemahnya lapisan pondasi (Croll, 2009). Sementara itu, retak memanjang dan retak tepi umum terjadi pada beberapa segmen jalan dengan kerusakan sedang. Kerusakan ini juga terkait dengan perubahan volume tanah dasar, drainase yang buruk, dan distribusi beban lalu lintas. Lubang dan penurunan terbentuk ketika air masuk ke lapisan perkerasan dan material perkerasan terlepas sehingga kerusakan berkembang lebih cepat. Hal ini diperburuk oleh pasang surut dan banjir yang sering terjadi di Kecamatan Sayung, yang membuat struktur jalan menjadi kurang stabil dan lebih rusak. Pelepasan butiran menunjukkan berkurangnya ikatan antara agregat dan bahan pengikat aspal (Al-Omari et al., 2024). Kerusakan ini dapat berkembang menjadi lebih serius dan memerlukan penanganan yang lebih luas apabila tidak segera diperbaiki. Hasil perhitungan PCI untuk setiap segmen jalan di Kecamatan Sayung ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan PCI Jalan Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak

No	Jenis Jalan	Lokasi Kerusakan	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Density (%)	DV	TDV	CDV	PCI	Rating PCI	Penanganan
1	Arteri	Bagian Barat Kecamatan Sayung	Retak Kulit Buaya	Berat	7,91	30	30	30	70	Good	Overlay
2	Arteri	Koridor Barat–Tengah	Lubang	Sedang	0,80	22	22	22	78	Very Good	Pemeliharaan Rutin
3	Arteri	Koridor Tengah	Retak Memanjang	Sedang	1,20	25	25	25	75	Very Good	Pemeliharaan Rutin
4	Arteri	Koridor Tengah–Timur	Amblas	Berat	5,50	42	42	42	58	Fair	Overlay
5	Arteri	Bagian Timur Kecamatan Sayung	Pelepasan Butiran	Berat	8,30	55	55	55	45	Poor	Rekonstruksi
6	Lokal	Bagian Barat Daya	Lubang	Sedang	0,40	18	18	18	82	Very Good	Pemeliharaan Rutin
7	Lokal	Bagian Selatan Tengah	Retak Tepi	Sedang	0,60	20	20	20	80	Very Good	Pemeliharaan Rutin
8	Lokal	Bagian Selatan Kecamatan Sayung	Amblas	Berat	3,80	35	35	35	65	Good	Overlay
9	Lokal	Bagian Tenggara Kecamatan Sayung	Retak Memanjang	Sedang	0,90	24	24	24	76	Very Good	Pemeliharaan Rutin

Sumber: Hasil penelitian (2026)

Berdasarkan hasil pencatatan lapangan, pada setiap unit sampel hanya ditemukan satu jenis kerusakan yang diperhitungkan dalam analisis PCI. Oleh karena itu, setiap unit memiliki satu nilai Deduct Value dengan nilai $q = 1$. Nilai TDV sama dengan DV, sedangkan nilai CDV ditentukan berdasarkan kurva koreksi PCI untuk $q = 1$. Nilai PCI kemudian dihitung menggunakan persamaan $PCI = 100 - CDV$.

Pemodelan Peta Kerusakan Jalan Kecamatan Sayung

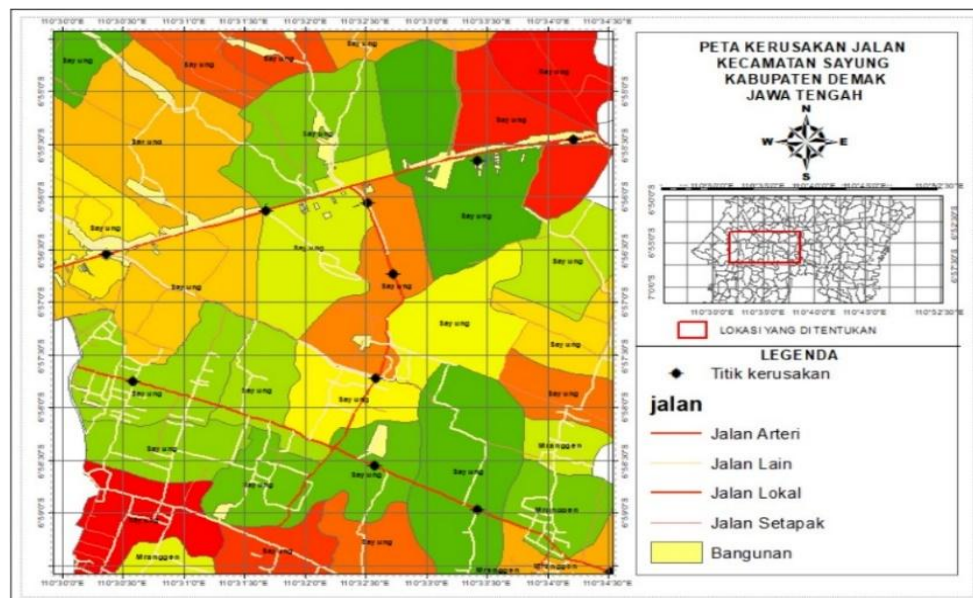
Pemodelan peta kerusakan jalan di Kecamatan Sayung memerlukan data administratif Kecamatan Sayung yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Demak serta informasi kerusakan jalan dari survei lapangan. Bagian jalan yang menjadi subjek penelitian adalah jalan arteri, jalan kolektor, dan jalan lokal di Kecamatan Sayung. Untuk mendapatkan informasi yang akurat tentang kondisi jalan, kami melakukan survei lapangan langsung untuk menemukan lokasi titik kerusakan, mengkarakterisasi jenis kerusakan, dan mengumpulkan informasi pendukung lainnya yang diperlukan dalam penelitian ini. Kami kemudian memproses data dari survei ini menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8 untuk memvisualisasikan penyebaran dan distribusi kerusakan jalan dalam jaringan jalan di Kecamatan Sayung. Tahapan pembuatan peta kerusakan jalan menggunakan ArcGIS adalah sebagai berikut:

1. Buka aplikasi ArcGIS Student Version. Pada jendela Layers, klik kanan kemudian pilih Add Data. Masukkan data administrasi Kecamatan Sayung yang diperoleh dari Dinas PUPR Kabupaten Demak, lalu klik Add.
2. Tambahkan data jaringan jalan Kecamatan Sayung dengan langkah yang sama, yaitu melalui menu Add Data, kemudian pilih file jaringan jalan dan klik Add.
3. Untuk menyesuaikan jaringan jalan dengan batas administrasi Kecamatan Sayung, buka menu Geoprocessing dan pilih Clip. Masukkan layer jaringan jalan pada bagian Input Features, sedangkan layer batas administrasi Kecamatan Sayung dimasukkan pada bagian Clip Features, kemudian jalankan proses dengan menekan tombol OK.
4. Untuk menampilkan klasifikasi fungsi jalan, klik kanan pada layer jaringan jalan hasil proses clip dan pilih Properties. Pada tab Symbolology, pilih Categories, kemudian ubah Value Field menjadi atribut fungsi jalan. Hilangkan tanda centang pada All Other Values, pilih Add All Values, lalu klik OK sehingga setiap fungsi jalan memiliki simbol yang berbeda.
5. Seluruh foto dokumentasi kerusakan jalan yang telah dilengkapi informasi koordinat GPS dikumpulkan ke dalam satu folder. Selanjutnya, pada ArcGIS buka menu Windows dan pilih Catalog. Cari folder yang berisi foto kerusakan jalan, klik kanan pada folder tersebut, pilih New, kemudian buat File Geodatabase.
6. Setelah geodatabase berhasil dibuat, buka ArcToolbox, kemudian pilih Data Management Tools, lanjut ke menu Photos, dan klik Geo Tagged Photos to Points.
7. Masukkan folder foto kerusakan jalan pada bagian Input Folder, kemudian tentukan lokasi geodatabase pada bagian Output Feature Class. Setelah seluruh parameter terisi, klik OK untuk mengonversi foto menjadi titik koordinat.
8. Titik koordinat hasil konversi dapat disesuaikan tampilannya dengan cara membuka Layer Properties pada layer titik kerusakan. Pada tab Symbolology, pilih simbol, warna, ukuran, dan bentuk marker sesuai kebutuhan pemetaan, kemudian klik OK.
9. Untuk menampilkan foto pada masing-masing titik koordinat, aktifkan fitur HTML Popup. Setelah fitur aktif, klik salah satu titik kerusakan pada peta sehingga foto dan informasi atribut dapat ditampilkan.

10. Tahap terakhir adalah menambahkan informasi koordinat X dan Y ke dalam tabel atribut. Buka ArcToolbox, pilih Data Management Tools, kemudian Features, lalu klik Add XY Coordinates. Masukkan layer titik kerusakan sebagai input, kemudian klik OK. Sistem akan secara otomatis menambahkan koordinat X dan Y ke dalam tabel atribut sehingga data siap digunakan untuk analisis dan penyusunan peta kerusakan jalan Kecamatan Sayung.

Hasil Peta Kerusakan Jalan Kecamatan Sayung

Berdasarkan hasil survei lapangan dan pemodelan spasial menggunakan ArcGIS dengan data jaringan jalan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Demak, kami telah menemukan distribusi titik kerusakan jalan di wilayah Kecamatan Sayung. Banyak dari titik-titik ini tersebar di antara jalan-jalan utama yang merupakan rute arteri dan jalan lokal yang menghubungkan kawasan perumahan, industri, dan pusat aktivitas masyarakat. Terlihat pada peta kerusakan jalan Kecamatan Sayung bahwa titik-titik kerusakan tersebar sepanjang jalur jalan utama yang membentang dari barat ke timur dan dari utara ke selatan. Terdapat banyak titik kerusakan yang terkonsentrasi pada jalan arteri dan lokal yang terkait dengan intensitas lalu lintas tinggi dan dalam banyak kasus tergenang oleh banjir rob. Untuk membantu mengidentifikasi jalan-jalan yang mengalami kerusakan dan pemeliharaan, titik-titik kerusakan ditunjukkan dengan simbol titik pada peta. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa kondisi kerusakan jalan di Kecamatan Sayung bervariasi dari kerusakan ringan hingga parah. Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat kerusakan, termasuk beban kendaraan berat, drainase yang tidak memadai, dan banjir rob di daerah pesisir Kecamatan Sayung. Informasi spasial dari pemetaan ini dapat digunakan untuk menentukan prioritas penanganan dan perbaikan jalan oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Demak. Peta kerusakan jalan yang dihasilkan memvisualisasikan lokasi titik kerusakan pada jaringan jalan Kecamatan Sayung dan memberikan informasi untuk menganalisis pola distribusi kerusakan serta hubungan antara kondisi jalan dan karakteristik lingkungan sekitar. Adapun hasil pemodelan peta kerusakan jalan Kecamatan Sayung ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta kerusakan jalan Kecamatan Sayung Demak

Sumber: Hasil penelitian (2026)

HASIL

Hasil Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan gambaran umum tentang situasi kerusakan jalan yang sebenarnya di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Tujuan survei ini adalah untuk mengetahui jenis kerusakan, lokasi dan tingkat keparahan kerusakan yang terjadi pada setiap segmen jalan. Hasil survei digunakan untuk analisis kondisi perkerasan jalan dan peta kerusakan jalan berdasarkan Sistem Informasi Geografis (SIG). Data kerusakan jalan diamati pada jalan arteri dan jalan lokal di Kecamatan Sayung.

Segmen jalan dibagi menjadi segmen pengamatan sepanjang 100 m untuk mengidentifikasi dan mencatat data kerusakan. Secara keseluruhan, ditemukan 9 titik kerusakan yang tersebar di sejumlah segmen jalan. Dari jumlah tersebut, 5 titik kerusakan berada di jalan arteri dan 4 titik kerusakan ditemukan di jalan lokal. Jenis kerusakan yang ditemukan pada jalan arteri meliputi retak buaya, lubang, retak memanjang, penurunan, dan pelepasan butiran. Sebagian besar kerusakan yang ditemukan pada jalan arteri masuk dalam kategori sedang hingga parah, karena jalan-jalan ini merupakan rute utama dengan volume lalu lintas yang cukup tinggi.

Pada jalan lokal, ditemukan lubang, retak tepi, penurunan, dan retak memanjang, dengan tingkat kerusakan yang berbeda dari sedang hingga parah. Distribusi kerusakan jalan menunjukkan bahwa kerusakan parah biasanya ditemukan pada segmen jalan yang sering dilalui kendaraan berat dan di daerah yang rawan banjir dan banjir rob. Hal ini mengakibatkan penurunan kualitas perkerasan dengan retak, lubang, pelepasan butiran, dan penurunan permukaan.

Karakteristik Kerusakan Jalan di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak

Bagian jalan di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak memiliki berbagai jenis kerusakan perkerasan menurut hasil survei lapangan. Berbagai jenis kerusakan dilaporkan pada bagian jalan tersebut termasuk lubang, pelepasan butiran, retak buaya, retak memanjang, retak tepi, penurunan, dan banyak lainnya (Kusumowardani et al., 2023). Kerusakan jalan di Kecamatan Sayung diduga berkaitan dengan banjir rob, kondisi drainase yang kurang baik, lalu lintas kendaraan berat di jalur Pantura, dan penurunan tanah (Paulik et al., 2025). Jika kerusakan ini tidak diperbaiki dan dipelihara tepat waktu, kondisi jalan akan terus memburuk dan kenyamanan, keselamatan, serta kelancaran mobilitas masyarakat dan distribusi barang dan jasa akan terganggu.

Perhitungan PCI pada Segmen Jalan Arteri Kecamatan Sayung

Kondisi perkerasan jalan di Kecamatan Sayung dievaluasi menggunakan metode Pavement Condition Index (PCI). Data yang digunakan untuk analisis ini diambil dari survei lapangan dan didukung oleh data jaringan jalan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Demak. Perhitungan PCI dilakukan pada setiap segmen jalan sepanjang 100 m untuk mengukur tingkat layanan dan kondisi perkerasan.

Perhitungan Density

Density atau kepadatan kerusakan adalah persentase dari area yang rusak relatif terhadap total area segmen jalan (Zoccali et al., 2017). Nilai kepadatan digunakan dalam metode PCI untuk memperkirakan Nilai Pengurangan (DV). Perhitungan kepadatan dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kepadatan} = (Ad / As) \times 100\% \quad (2)$$

Ad = Total area yang rusak di segmen pengamatan (m²)

As = Total area segmen jalan yang diamati (m²)

Berdasarkan hasil survei pada segmen jalan arteri di mana kerusakan retak buaya diamati, diperoleh nilai kepadatan sebesar 7,91%.

Nilai Pengurangan (Deduct Value)

Nilai pengurangan (DV) adalah nilai pengurangan yang diperoleh berdasarkan nilai kepadatan dan tingkat keparahan kerusakan. Nilai ini dihitung berdasarkan grafik nilai pengurangan sesuai dengan jenis kerusakan yang ditemukan pada segmen jalan (Lee et al., 2013). Berdasarkan grafik hubungan antara kepadatan dan tingkat keparahan kerusakan retak buaya, diperoleh Nilai Pengurangan (DV) sebesar 30.

Penentuan Nilai q

Nilai q adalah jumlah Nilai Pengurangan yang memiliki nilai lebih besar dari 2. Nilai q ditentukan setelah semua nilai DV pada segmen diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil, dan dibandingkan dengan nilai yang diizinkan (m) (Paplauskas et al., 2023).

Nilai m dihitung menggunakan persamaan:

$$m = 1 + (9/98) \times (100 - HDV). \quad (3)$$

Penjelasan:

m = nilai pengurangan yang diizinkan

HDV = nilai pengurangan tertinggi. Pada segmen yang dianalisis,

hanya ada satu jenis kerusakan yang dominan, dan nilai q yang diperoleh adalah 1.

Total Deduct Value (TDV)

Total Deduct Value (TDV) merupakan jumlah seluruh nilai Deduct Value yang terdapat pada satu unit sampel. Karena pada segmen ini hanya terdapat satu jenis kerusakan, maka nilai TDV sama dengan nilai DV, yaitu sebesar 30.

Corrected Deduct Value (CDV)

Corrected Deduct Value (CDV) diperoleh dengan memplot nilai TDV ke dalam grafik koreksi sesuai nilai q yang telah ditentukan sebelumnya. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai CDV sebesar 30.

Nilai PCI

Nilai Pavement Condition Index (PCI) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$PCI = 100 - CDV$$

$$PCI = 100 - 30$$

$$PCI = 70$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai PCI dari segmen jalan arteri yang ditinjau di Kecamatan Sayung adalah 70. Menurut klasifikasi PCI, nilai ini termasuk dalam kategori Baik, yang berarti kondisi perkerasan jalan masih mampu memberikan tingkat pelayanan yang baik meskipun beberapa jenis kerusakan telah ditemukan. Selanjutnya, dihitung nilai rata-rata PCI untuk seluruh unit pengamatan.

Rata-rata PCI dihitung dengan menjumlahkan semua nilai PCI pada segmen jalan arteri yang diamati dan kemudian dibagi dengan jumlah segmen yang dianalisis. Rata-rata PCI = Total Nilai PCI dari Semua Segmen / Jumlah Segmen.

Kami menghitung Indeks Kondisi Perkerasan (PCI) pada setiap segmen jalan yang kami teliti. Nilai PCI kami diperoleh berdasarkan jenis dan tingkat keparahan kerusakan serta luas kerusakan yang ditemukan selama survei lapangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi perkerasan setiap bagian jalan berbeda.

Perbedaan ini diduga berkaitan dengan pengaruh lingkungan dan lalu lintas terhadap kondisi perkerasan jalan di setiap lokasi. Nilai rata-rata PCI pada sembilan unit pengamatan adalah 69,89 dan termasuk kategori Baik. Nilai tersebut menggambarkan kondisi rata-rata unit jalan yang disurvei, bukan seluruh jaringan jalan di Kecamatan Sayung. Namun, ada bagian jalan yang mengalami penurunan kondisi dan oleh karena itu memerlukan pemeliharaan atau rehabilitasi untuk meminimalkan kerusakan atau perbaikan guna menghindari kerusakan yang lebih serius.

Hasil Perhitungan PCI Kecamatan Sayung

Kondisi jalan di Kecamatan Sayung dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling terkait dari survei dan analisis PCI. Ada salah satu faktor terpenting yang perlu dipertimbangkan yaitu kendaraan berat yang melewati ruas jalan setiap hari. Kendaraan dengan muatan melebihi kapasitas yang direncanakan menyebabkan lapisan perkerasan menjadi sangat tertekan dan retakan serta deformasi permukaan akan berdampak pada kualitas jalan (Salama et al., 2006).

Selain beban lalu lintas kendaraan berat, geografi Kecamatan Sayung yang terletak di daerah pesisir rentan terhadap banjir rob. Kondisi lapisan aspal dapat menurun karena air dapat meresap ke dalam lapisan aspal dan dapat melemahkan kekuatan ikatan antara permukaan jalan (Chen & Wang, 2024). Hal ini diperparah oleh sistem drainase yang belum mampu menyalurkan air secara optimal. Air yang tersimpan di atas atau di dalam lapisan perkerasan mempercepat kerusakan seperti lubang, penurunan, dan pelepasan butiran. Jika kondisi ini terus berlanjut dalam waktu lama tanpa perawatan, umur layanan jalan akan sangat pendek. Hasilnya juga menunjukkan bahwa Sistem Informasi Geografis (SIG) membantu menetapkan distribusi spasial kerusakan jalan.

Dengan visualisasi peta digital, lokasi kerusakan dapat ditentukan lebih mudah dibandingkan dengan data tabel. Metode Indeks Kondisi Perkerasan (PCI) memberikan informasi kuantitatif tentang kondisi setiap ruas jalan (Hafel et al., 2023). Integrasi analisis PCI dan SIG memungkinkan kondisi ruas jalan dipetakan secara lebih komprehensif (Rejani et al., 2025), yang dapat digunakan untuk persiapan program pemeliharaan jalan oleh Pemerintah Kabupaten Demak.

Interpretasi Nilai *Pavement Condition Index* (PCI)

Berdasarkan hasil perhitungan PCI untuk setiap segmen jalan, kondisi perkerasan di Kecamatan Sayung umumnya menunjukkan tingkat pelayanan yang berbeda-beda. Variasi ini dipengaruhi oleh jenis kerusakan yang berbeda, tingkat keparahan, dan luas kerusakan yang ditemukan pada setiap bagian jalan (Shahin, 2005). Ini berarti bahwa setiap bagian jalan memerlukan teknik penanganan yang berbeda berdasarkan jenis kerusakan yang terjadi.

Nilai rata-rata PCI pada sembilan unit pengamatan adalah 69,89 dan termasuk kategori Baik. Nilai tersebut menggambarkan kondisi rata-rata unit jalan yang disurvei, bukan seluruh jaringan jalan di Kecamatan Sayung. Namun, ini tidak berarti bahwa semua bagian jalan sama. Beberapa area masih mengalami kerusakan dengan tingkat keparahan sedang hingga tinggi, dan memerlukan tindakan pemeliharaan yang lebih intensif untuk mencegah kondisi jalan memburuk di masa depan. Segmen jalan dengan nilai PCI yang relatif tinggi masih dapat dipertahankan melalui kegiatan pemeliharaan rutin seperti penutupan retakan, perbaikan lubang kecil, dan pembersihan saluran drainase untuk mencegah air menggenang di permukaan jalan. Bagian jalan dengan nilai PCI yang lebih rendah perlu dilapisi ulang, direhabilitasi, atau direkonstruksi jika kerusakan telah mempengaruhi elemen struktural perkerasan.

Analisis Faktor Penyebab Kerusakan Jalan

Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa kerusakan perkerasan jalan di Kecamatan Sayung diduga berkaitan dengan sejumlah faktor yang saling berhubungan, bukan hanya satu faktor tunggal. Salah satu faktor terpenting adalah banjir rob yang terjadi secara berkala di permukaan jalan. Kehadiran air laut dalam jangka panjang meningkatkan kerusakan lapisan aspal karena air dapat meresap ke dalam struktur perkerasan (Grenfell et al., 2014). Paparan air dalam

waktu lama dapat melemahkan ikatan antarmaterial sehingga berpotensi mempercepat terbentuknya retakan, lubang, dan pecahnya agregat.

Selain itu, tingginya jumlah kendaraan berat yang datang dan pergi melalui kawasan industri di Kecamatan Sayung meningkatkan beban berulang pada struktur perkerasan. Lalu lintas yang lebih padat meningkatkan deformasi lapisan perkerasan (kelebihan beban) yang pada gilirannya berpotensi memicu retakan buaya dan kerusakan struktural lainnya (Setiawan, 2023). Faktor lain yang mempengaruhi kondisi jalan adalah sistem drainase yang saat ini tidak berfungsi dengan baik. Karena air atau air pasang tidak cepat mengalir, permukaan jalan terendam dalam waktu yang lama. Hal ini diperparah oleh kandungan kelembaban tanah pada lapisan pondasi yang mengurangi kemampuan daya dukung tanah dasar.

Selain itu, penurunan tanah terjadi di pesisir Sayung dan membuat perkerasan lebih rentan terhadap genangan. Penurunan elevasi tanah dan banjir rob diduga mempercepat perkembangan kerusakan dibandingkan dengan daerah yang tidak memiliki kondisi ini (Sharma et al., 2025).

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam penelitian ini memungkinkan data survei lapangan untuk digabungkan dengan informasi spasial dari area penelitian. Semua koordinat titik kerusakan yang diperoleh menggunakan GPS diproses dengan ArcGIS 10.8 sehingga lokasi kerusakan dapat dipetakan dalam bentuk digital. Peta analisis memungkinkan kita untuk melihat bagaimana kerusakan jalan terjadi pada tingkat arteri dan lokal serta bagaimana penyebarannya dalam waktu yang lebih singkat. Informasi spasial ini membantu kita mengidentifikasi area dengan tingkat kerusakan yang tinggi dan dapat digunakan untuk memprioritaskan pemeliharaan jalan. Selain memberikan informasi tentang lokasi kerusakan, SIG membantu dalam pengambilan keputusan karena dapat mengintegrasikan berbagai data pendukung seperti jaringan jalan, batas administratif, dan kondisi topografi area tersebut (Philip & AlJassmi, 2024). Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya memberikan informasi tentang kondisi perkerasan tetapi juga menyediakan dasar analisis yang lebih komprehensif bagi instansi terkait.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode Pavement Condition Index (PCI) dan Sistem Informasi Geografis (GIS) dapat memberikan gambaran lengkap tentang perkerasan jalan di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Hasil identifikasi lapangan mengungkapkan sembilan titik kerusakan yang tersebar di sepanjang jalan arteri dan lokal. Jenis kerusakan meliputi retak buaya, retak memanjang, retak tepi, lubang, penurunan, dan pelepasan butiran. Jenis kerusakan ini diduga berkaitan dengan sejumlah faktor seperti banjir rob secara berkala, beban lalu lintas kendaraan berat yang tinggi, sistem drainase yang buruk, dan penurunan tanah yang mempercepat penurunan kualitas struktur perkerasan. Dalam analisis kondisi jalan menggunakan metode PCI, ditemukan skor rata-rata 69,89 pada sembilan unit pengamatan, yang termasuk kategori Baik dan menggambarkan kondisi rata-rata unit jalan yang disurvei, bukan seluruh jaringan jalan di Kecamatan Sayung.

Namun, ditekankan bahwa beberapa bagian jalan mengalami kerusakan dengan tingkat keparahan yang memerlukan pemeliharaan sesuai dengan intensitas kerusakan. Penanganan yang direkomendasikan adalah pemeliharaan rutin untuk kerusakan ringan, pelapisan ulang untuk bagian dengan kerusakan sedang, dan rehabilitasi atau rekonstruksi untuk bagian yang kondisinya telah memburuk. Akibatnya, PCI dapat digunakan sebagai alat yang cocok untuk menilai skala prioritas pemeliharaan jalan. Selain pekerjaan penilaian kondisi perkerasan, juga ditunjukkan bahwa penggunaan GIS dan perangkat lunak ArcGIS 10.8 memungkinkan kita mendapatkan informasi spasial tentang lokasi kerusakan jalan dan bagaimana penyebarannya. Visualisasi ruas jalan melalui peta digital memungkinkan identifikasi jalan yang perlu ditangani sehingga dapat dilakukan lebih efektif dan akurat. Analisis PCI dan pemetaan berbasis GIS bersama-sama memberikan informasi teknis yang akan berguna bagi Pemerintah Kabupaten Demak dalam mengembangkan program pemeliharaan dan peningkatan kualitas jalan di daerah yang rentan terhadap banjir rob dan penurunan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Dabous, S., Zeiada, W., Al-Ruzouq, R., Hamad, K., & Al-Khayyat, G. (2021). Distress-based evidential reasoning method for pavement infrastructure condition assessment and rating. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(4), 455–466. <https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1622012>
- Al-Omari, A. A., Khasawneh, M. A., Tawakul, M. F., & Abu Alia, A. H. (2024). Evaluation of asphalt-aggregate adhesive characteristics using the binder bond strength device under variable curing conditions. *International Journal of Pavement Engineering*, 25(1). <https://doi.org/10.1080/10298436.2024.2371452>
- ASTM International. (2024). ASTM D6433-24: Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. ASTM International.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Demak. (2024). *Kecamatan Sayung dalam angka 2024*.

- Chen, X., & Wang, H. (2024). Evaluation of pavement resilience to flooding with inverted pavement structure. *Road Materials and Pavement Design*, 25(12), 2709–2728. <https://doi.org/10.1080/14680629.2024.2329184>
- Croll, J. G. A. (2009). Possible role of thermal ratchetting in alligator cracking of asphalt pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 10(6), 447–453. <https://doi.org/10.1080/10298430902730547>
- Dhiaulhaq, R. F., & Fauzan, M. (2022). Evaluasi Kerusakan Lapis Perkerasan Jalan dengan Metode Pavement Condition Index (PCI). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 7(2), 161–170. <https://doi.org/10.29244/jsil.7.2.161-170>
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Demak. (2025). *Laporan berkala kondisi jalan kolektor dan jalan lokal Kabupaten Demak tahun 2024/2025*.
- Grenfell, J., Ahmad, N., Liu, Y., Apeagyei, A., Large, D., & Airey, G. (2014). Assessing asphalt mixture moisture susceptibility through intrinsic adhesion, bitumen stripping and mechanical damage. *Road Materials and Pavement Design*, 15(1), 131–152. <https://doi.org/10.1080/14680629.2013.863162>
- Hafel, R., Marsaoly, N., & Rauf, I. (2023). Penaksiran Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index Berbasis Spasial. *Techno.Com*, 22(2), 264–275. <https://doi.org/10.33633/tc.v22i2.7520>
- Knott, J. F., Daniel, J. S., Jacobs, J. M., & Kirshen, P. (2018). Adaptation Planning to Mitigate Coastal-Road Pavement Damage from Groundwater Rise Caused by Sea-Level Rise. *Transportation Research Record*, 2672(2), 11–22. <https://doi.org/10.1177/0361198118757441>
- Kusumowardani, E. W., Wibowo, S. S., & Zukhruf, F. (2023). Analisis Perubahan Kecepatan pada Jalan Tol Semarang-Demak Akibat Bencana Banjir Rob di Pesisir Utara Semarang. *Jurnal Teknik Sipil*, 30(3), 491–493. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.3.17>
- Lee, K.-J., Seo, Y.-C., Cho, N.-H., & Park, D.-W. (2013). Development of Deduct Value Curves for the Pavement Condition Index of Asphalt Airfield Pavement. *International Journal of Highway Engineering*, 15(3), 37–44. <https://doi.org/10.7855/ijhe.2013.15.3.037>
- Linneker, B., & Spence, N. (1996). Road transport infrastructure and regional economic development. *Journal of Transport Geography*, 4(2), 77–92. [https://doi.org/10.1016/0966-6923\(96\)00001-4](https://doi.org/10.1016/0966-6923(96)00001-4)
- Loprencipe, G., & Pantuso, A. (2017). A Specified Procedure for Distress Identification and Assessment for Urban Road Surfaces Based on PCI. *Coatings*, 7(5), 65. <https://doi.org/10.3390/coatings7050065>
- Paplauskas, P., Vaitkus, A., & Simanavičienė, R. (2023). Road Pavement Condition Index Deterioration Model for Network-Level Analysis of National Road Network Based on Pavement Condition Scanning Data. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 18(3), 70–101. <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2023-18.609>
- Paulik, R., Powell, J., Wild, A., Zorn, C., & Wotherspoon, L. (2025). Spatiotemporal economic risk of national road networks to episodic coastal flooding and sea level rise. *Climatic Change*, 178(1). <https://doi.org/10.1007/s10584-024-03839-7>
- Philip, B., & AlJassmi, H. (2024). A Bayesian decision support system for optimizing pavement management programs. *Heliyon*, 10(3), e25625. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25625>
- Rejani, V. U., Janani, L., Sunitha, V., & Mathew, S. (2025). Integration of GIS and GPS as a decision support tool in a GAMS-based network-level pavement maintenance optimisation system. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 52(6), 1161–1179. <https://doi.org/10.1139/cjce-2024-0309>
- Salama, H. K., Chatti, K., & Lyles, R. W. (2006). Effect of Heavy Multiple Axle Trucks on Flexible Pavement Damage Using In-Service Pavement Performance Data. *Journal of Transportation Engineering*, 132(10), 763–770. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2006\)132:10\(763\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2006)132:10(763))
- Setiawan, D. M. (2023). Effect of truck and train loading on permanent deformation and fatigue cracking behavior of asphalt concrete in flexible pavement highway and asphaltic overlayment track. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 32(1). <https://doi.org/10.1515/jmbm-2022-0303>
- Shahin, M. Y. (2005). *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots* (2nd ed.). Springer.
- Sharma, A., Wdowinski, S., & Parkinson, R. W. (2025). Coastal Subsidence in Cape Canaveral, FL, and Surrounding Areas: Shallow Subsidence Induced by Natural and Anthropogenic Processes. *Land*, 14(4), 735. <https://doi.org/10.3390/land14040735>
- Sukirman. (2016). *Perkerasan Lentur Jalan Raya* (2nd ed.). Nova.
- Tasmin, T., Richards, D., Dia, H., & Wang, J. (2022). Development and evaluation of relationships between surface condition rating and objective pavement condition parameters. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(10), 3386–3397. <https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1894421>
- Yalew, L., Virgianto, G., Inagi, M., & Tomiyama, K. (2023). Impact of a Pothole on Road User Response in Terms of Driving Safety and Comfort for Pavement Maintenance Prioritization. *Journal of JSCE*, 11(2). <https://doi.org/10.2208/journalofjsce.23-21035>
- Zoccali, P., Loprencipe, G., & Galoni, A. (2017). Sampietrini Stone Pavements: Distress Analysis Using Pavement Condition Index Method. *Applied Sciences*, 7(7), 669. <https://doi.org/10.3390/app7070669>