

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian

Penelitian tentang deteksi kerusakan jalan berbasis citra digital telah banyak dilakukan dengan berbagai metode. Tujuan utama penelitian tersebut adalah membantu proses identifikasi kerusakan jalan agar lebih cepat dan lebih objektif dibandingkan pemeriksaan manual di lapangan. Secara umum, metode yang digunakan dalam penelitian deteksi kerusakan jalan dapat dibagi menjadi dua pendekatan, yaitu pendekatan berbasis deep learning dan pendekatan pengolahan citra digital konvensional. Pada penelitian ini digunakan pendekatan pengolahan citra digital karena metode ini lebih sederhana dan tidak memerlukan proses pelatihan data yang besar.

Penelitian oleh (Fatahillah & Silalahi, 2024) membahas analisis keretakan permukaan jalan menggunakan beberapa teknik pengolahan citra, seperti *thresholding*, *median filter*, dan operasi morfologi. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa proses segmentasi citra dapat digunakan untuk memisahkan area kerusakan dari permukaan jalan sehingga karakteristik kerusakan dapat dianalisis.

Penelitian oleh Jin et al. (2022) menggunakan pendekatan yang lebih sederhana dengan memanfaatkan citra grayscale dan analisis perbedaan intensitas piksel untuk mendeteksi kerusakan permukaan jalan. (Laelly et al., 2025) Dengan mengubah citra berwarna menjadi grayscale, jumlah informasi yang diproses menjadi lebih sedikit sehingga perhitungan lebih cepat. Hasilnya menunjukkan bahwa area kerusakan tetap dapat dibedakan dari permukaan jalan normal melalui perbedaan tingkat keabuan.

Beberapa penelitian lain menggunakan teknik pengolahan citra dasar seperti grayscale, thresholding, filtering, dan operasi morfologi untuk melakukan segmentasi area kerusakan. Metode thresholding digunakan untuk memisahkan bagian citra yang gelap sebagai indikasi kerusakan dari bagian yang lebih terang sebagai permukaan jalan normal.(Prakoso et al., 2020) Operasi morfologi kemudian membantu memperjelas bentuk area kerusakan hasil segmentasi. Pendekatan ini lebih ringan dijalankan dan lebih mudah diterapkan.

Selain pendekatan berbasis pengolahan citra, penelitian deteksi kerusakan jalan juga dapat menggunakan metode *Machine Learning* maupun *Deep Learning*. Pendekatan *Deep Learning* memiliki kemampuan dalam mempelajari karakteristik citra secara otomatis, tetapi umumnya membutuhkan dataset dan sumber daya komputasi yang lebih besar. Oleh karena itu, pendekatan pengolahan citra digital yang dikombinasikan dengan metode klasifikasi *Machine Learning* dapat menjadi alternatif yang lebih sederhana dan ringan.

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan pengolahan citra digital dengan Adaptive Thresholding sebagai metode utama segmentasi. Citra jalan terlebih dahulu melalui proses *preprocessing*, kemudian dilakukan segmentasi menggunakan Adaptive Thresholding untuk memperoleh area yang diduga sebagai kerusakan. Area hasil segmentasi selanjutnya dianalisis menggunakan *contour detection*, sedangkan pola garis dapat dianalisis menggunakan *Hough Line Transform*. Karakteristik intensitas citra kemudian direpresentasikan menggunakan histogram intensitas dan digunakan sebagai fitur untuk proses klasifikasi menggunakan Support Vector Machine (SVM).

2.2 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengolah, menganalisis, dan mengekstraksi informasi dari sebuah citra digital sehingga citra tersebut dapat memberikan makna atau informasi yang lebih jelas bagi pengguna. Citra digital

sendiri merupakan representasi visual dari suatu objek yang tersusun atas kumpulan piksel (picture element), di mana setiap piksel memiliki nilai intensitas tertentu. Nilai intensitas ini biasanya menunjukkan tingkat kecerahan atau warna pada suatu titik dalam citra (Rohman Dijaya, 2023)

Dalam pengolahan citra digital, suatu gambar yang awalnya hanya berupa data visual dapat diubah menjadi informasi yang dapat dipahami oleh sistem komputer. Proses ini dilakukan melalui beberapa tahapan, seperti akuisisi citra (pengambilan gambar), pra-pemrosesan (pre-processing), segmentasi, ekstraksi fitur, hingga interpretasi hasil. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam menghasilkan informasi yang akurat dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Tahap awal dalam pengolahan citra adalah akuisisi citra, yaitu proses pengambilan gambar menggunakan perangkat seperti kamera. Pada penelitian ini, citra diperoleh dari kamera smartphone yang digunakan untuk mengambil gambar permukaan jalan. Selanjutnya dilakukan tahap pra-pemrosesan, yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra, misalnya dengan mengurangi noise atau gangguan pada gambar agar hasil pengolahan lebih optimal.

Setelah itu, dilakukan proses segmentasi citra, yaitu proses memisahkan bagian objek yang ingin dianalisis dari latar belakang. Segmentasi ini sangat penting karena menentukan keberhasilan sistem dalam mengenali objek yang diinginkan. Dalam penelitian ini, segmentasi digunakan untuk memisahkan area kerusakan jalan dari permukaan jalan normal.

Selanjutnya, citra yang telah diproses akan dianalisis untuk mengekstraksi informasi tertentu, seperti bentuk, ukuran, atau pola dari objek yang terdeteksi. Informasi tersebut

kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi permukaan jalan, apakah termasuk jalan mulus, retak, atau berlubang.

Pengolahan citra digital memiliki keunggulan karena mampu melakukan analisis secara otomatis, cepat, dan objektif dibandingkan dengan pengamatan manual. Dengan memanfaatkan teknik ini, proses identifikasi kerusakan jalan dapat dilakukan secara lebih efisien tanpa harus melakukan pemeriksaan langsung di lapangan.

Dalam konteks penelitian ini, pengolahan citra digital digunakan sebagai dasar utama dalam membangun sistem deteksi kerusakan jalan. Dengan memanfaatkan perbedaan nilai intensitas piksel dan tekstur pada citra, sistem dapat mengenali pola kerusakan seperti retakan dan lubang. Oleh karena itu, pengolahan citra digital menjadi komponen penting dalam mendukung keberhasilan sistem yang dikembangkan.

Dengan demikian, pengolahan citra digital menjadi komponen penting dalam penelitian ini karena berperan dalam seluruh proses analisis, mulai dari pengambilan data hingga penentuan hasil akhir. Tanpa adanya proses pengolahan citra yang baik, sistem tidak akan mampu mendeteksi kerusakan jalan secara akurat.

2.3 Citra Grayscale

Citra grayscale merupakan citra digital yang hanya memiliki satu kanal warna, yaitu tingkat keabuan (gray level), tanpa mengandung informasi warna seperti pada citra RGB

merepresentasikan tingkat kecerahan, mulai dari hitam hingga putih. Secara umum, nilai intensitas tersebut berada pada rentang 0 hingga 255, di mana nilai 0 menunjukkan warna hitam, nilai 255 menunjukkan warna putih, dan nilai di antaranya menunjukkan variasi abu-abu (Dwi Novanni et al., 2025).

Pada citra berwarna (RGB), setiap piksel terdiri dari tiga komponen warna, yaitu merah, hijau, dan biru. Banyaknya informasi warna ini menyebabkan proses pengolahan menjadi lebih kompleks. Oleh karena itu, dalam banyak aplikasi pengolahan citra, citra berwarna biasanya dikonversi terlebih dahulu menjadi citra grayscale. Proses konversi ini dilakukan dengan menggabungkan nilai dari ketiga kanal warna menjadi satu nilai intensitas. Salah satu pendekatan umum adalah menggunakan pembobotan tertentu pada masing-masing kanal warna untuk menghasilkan tingkat keabuan yang sesuai dengan persepsi manusia.

Penggunaan citra grayscale memiliki beberapa keuntungan. Pertama, citra menjadi lebih sederhana karena hanya memiliki satu kanal, sehingga mengurangi kompleksitas perhitungan dan mempercepat proses komputasi. Kedua, banyak metode dalam pengolahan citra, seperti thresholding dan deteksi tepi, bekerja lebih efektif pada citra grayscale karena metode tersebut bergantung pada perbedaan intensitas, bukan warna. Ketiga, penggunaan grayscale membantu sistem lebih fokus pada struktur dan tekstur objek, yang sering kali lebih penting daripada informasi warna.

Dalam konteks penelitian ini, citra yang diperoleh dari kamera smartphone awalnya berupa citra berwarna. Citra tersebut kemudian dikonversi menjadi grayscale sebagai tahap awal dalam proses pengolahan citra. Hal ini dilakukan karena metode yang digunakan dalam penelitian, yaitu Adaptive Thresholding, memanfaatkan perbedaan nilai intensitas untuk memisahkan objek dari latar belakang. Dengan menggunakan citra grayscale, proses segmentasi menjadi lebih efektif dan hasil deteksi kerusakan dapat diperoleh dengan lebih jelas.

Selain itu, penggunaan citra grayscale juga membantu dalam mengurangi pengaruh variasi warna yang tidak relevan, seperti warna cat jalan atau objek lain di sekitar jalan.

Dengan demikian, sistem dapat lebih fokus dalam mendeteksi pola kerusakan seperti retakan yang biasanya terlihat sebagai garis dengan intensitas lebih gelap, atau lubang yang memiliki perbedaan tingkat kecerahan yang cukup signifikan dibandingkan permukaan jalan di sekitarnya.

Dengan demikian, citra grayscale merupakan tahap penting dalam pengolahan citra pada penelitian ini karena berfungsi sebagai dasar untuk proses selanjutnya, seperti peredaman noise dan segmentasi citra. Tanpa konversi ke grayscale, proses pengolahan citra akan menjadi lebih kompleks dan kurang efisien.

2.4 Adaptive Thresholding

Adaptive Thresholding merupakan salah satu metode segmentasi citra yang digunakan untuk memisahkan objek dari latar belakang berdasarkan nilai ambang (threshold) yang ditentukan secara lokal pada setiap bagian citra. Berbeda dengan metode thresholding global yang menggunakan satu nilai ambang untuk seluruh citra, Adaptive Thresholding menghitung nilai ambang secara berbeda pada setiap area kecil dalam citra, sehingga lebih fleksibel dalam menangani variasi pencahayaan (Lutfia et al., 2024)

Pada metode thresholding secara umum, setiap piksel dalam citra dibandingkan dengan suatu nilai ambang. Jika nilai intensitas piksel lebih besar dari threshold, maka piksel tersebut akan diubah menjadi putih, sedangkan jika lebih kecil akan diubah menjadi hitam. Namun, pendekatan ini memiliki kelemahan ketika citra memiliki pencahayaan yang tidak merata, karena satu nilai ambang tidak cukup untuk merepresentasikan seluruh bagian citra.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, Adaptive Thresholding menggunakan pendekatan lokal, di mana nilai threshold dihitung berdasarkan rata-rata atau distribusi

intensitas piksel di sekitar area tertentu. Dengan cara ini, setiap bagian citra memiliki nilai ambang yang berbeda sesuai dengan kondisi pencahayaannya. Hal ini membuat metode ini lebih efektif dalam mendeteksi objek pada citra dengan bayangan, cahaya berlebih, atau kondisi lingkungan yang tidak seragam.

Sistem ini memungkinkan aktivitas manusia dipantau secara otomatis tanpa menggunakan sensor tambahan. Selain itu, sistem dirancang agar tetap ringan dan dapat berjalan pada perangkat spesifikasi menengah.

Pada penelitian ini, digunakan metode Gaussian Adaptive Thresholding karena mampu menghasilkan segmentasi yang lebih baik pada citra permukaan jalan yang memiliki variasi pencahayaan. Proses ini mengubah citra grayscale menjadi citra biner, di mana area kerusakan jalan seperti retakan dan lubang akan terlihat sebagai objek berwarna putih, sedangkan area jalan normal menjadi latar belakang berwarna hitam.

Peran Adaptive Thresholding dalam penelitian ini sangat penting karena menjadi tahap utama dalam memisahkan area kerusakan dari permukaan jalan. Tanpa proses segmentasi yang baik, sistem tidak akan mampu mendeteksi objek kerusakan dengan akurat. Hasil dari proses ini kemudian digunakan sebagai input untuk tahap selanjutnya, yaitu contour detection, yang bertujuan untuk mengenali bentuk dan ukuran kerusakan.

Selain itu, penggunaan Adaptive Thresholding juga memberikan keunggulan dalam hal ketahanan terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti perbedaan intensitas cahaya akibat waktu pengambilan gambar atau bayangan dari objek lain. Dengan demikian, metode ini sangat sesuai digunakan dalam sistem deteksi kerusakan jalan berbasis citra digital yang menggunakan kamera smartphone.

Dengan kemampuan dalam menyesuaikan nilai ambang secara lokal, Adaptive Thresholding menjadi metode yang efektif dan efisien dalam mendukung proses segmentasi citra pada penelitian ini, sehingga dapat meningkatkan akurasi dalam mendeteksi kerusakan permukaan jalan.

2.5 Contour Detection

Contour Detection merupakan salah satu teknik dalam pengolahan citra digital yang digunakan untuk mendeteksi batas atau tepi suatu objek dalam citra. Kontur dapat diartikan sebagai garis yang menghubungkan titik-titik yang memiliki nilai intensitas yang sama, sehingga membentuk suatu pola atau bentuk tertentu (Jurusan & Geofisika, 2021). Metode ini sangat penting dalam proses identifikasi objek karena mampu menunjukkan bentuk dan struktur dari objek yang terdapat dalam citra.

Dalam pengolahan citra, contour detection biasanya dilakukan setelah proses segmentasi, seperti thresholding. Hal ini karena citra hasil segmentasi umumnya sudah dalam bentuk biner (hitam dan putih), sehingga memudahkan sistem dalam membedakan objek dengan latar belakang. Objek yang terdeteksi akan ditandai sebagai area putih, sedangkan latar belakang berwarna hitam.

Proses contour detection bekerja dengan cara mencari batas luar dari objek berdasarkan perubahan nilai piksel. Algoritma akan menelusuri tepi objek dan membentuk kurva atau garis yang mengelilingi objek tersebut. Dari kontur yang dihasilkan, sistem dapat memperoleh berbagai informasi penting seperti luas area, bentuk objek, dan posisi objek dalam citra.

Dalam penelitian ini, contour detection digunakan untuk mendeteksi area kerusakan pada permukaan jalan yang telah dipisahkan melalui proses Adaptive Thresholding. Setelah objek kerusakan terdeteksi, sistem kemudian menganalisis bentuk kontur untuk

membedakan jenis kerusakan. Misalnya, retakan biasanya memiliki bentuk memanjang dengan rasio panjang lebih besar dibandingkan lebar, sedangkan lubang cenderung memiliki bentuk yang lebih bulat atau tidak beraturan dengan rasio yang lebih seimbang.

Selain itu, contour detection juga digunakan untuk menghitung luas area kerusakan dengan cara menghitung jumlah piksel pada area objek yang terdeteksi. Informasi ini kemudian digunakan untuk menentukan persentase kerusakan jalan terhadap keseluruhan citra. Dengan demikian, sistem tidak hanya mampu mendeteksi keberadaan kerusakan, tetapi juga dapat memberikan informasi kuantitatif mengenai tingkat kerusakan tersebut.

Keunggulan dari metode contour detection adalah kemampuannya dalam mendeteksi bentuk objek secara akurat dan efisien. Metode ini juga relatif sederhana untuk diimplementasikan serta tidak memerlukan proses komputasi yang terlalu kompleks. Oleh karena itu, contour detection sangat cocok digunakan dalam penelitian ini sebagai tahap lanjutan setelah segmentasi citra untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan kerusakan permukaan jalan.

Dengan demikian, contour detection memiliki peran penting dalam sistem yang dikembangkan, yaitu sebagai metode untuk mengenali bentuk dan ukuran objek kerusakan sehingga dapat digunakan dalam proses klasifikasi kondisi jalan menjadi mulus, retak, atau berlubang.

2.6 Deteksi Garis Hough Transform

Hough Line Transform merupakan salah satu metode dalam pengolahan citra digital yang digunakan untuk mendeteksi garis pada suatu citra. Metode ini bekerja dengan mencari pola garis berdasarkan titik-titik yang memiliki karakteristik sebagai garis pada citra. Dalam penelitian ini digunakan metode Probabilistic Hough Line Transform

(HoughLinesP) untuk membantu mendeteksi pola retakan pada permukaan jalan yang memiliki bentuk garis memanjang.

Sebelum proses Hough Transform dilakukan, citra terlebih dahulu melalui tahapan pengolahan citra sehingga bagian yang memiliki karakteristik tertentu dapat lebih mudah dianalisis. Hasil deteksi garis kemudian digunakan untuk membantu sistem mengenali karakteristik retakan berdasarkan panjang, posisi, dan arah garis yang terdeteksi.

Metode Hough Line Transform digunakan karena dapat membantu menemukan pola garis pada citra sehingga karakteristik retakan yang berbentuk memanjang dapat dianalisis. Dengan demikian, metode ini menjadi bagian dari tahapan deteksi kerusakan, khususnya dalam membantu mengidentifikasi pola retakan pada permukaan jalan.

Dalam penelitian ini, hasil Hough Transform digunakan sebagai bagian dari proses deteksi dan analisis area kerusakan, bukan sebagai metode ekstraksi fitur utama. Fitur yang digunakan dalam proses klasifikasi tetap berupa histogram intensitas citra. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan bersama tahapan pengolahan citra lainnya sebelum data masuk ke proses klasifikasi menggunakan Support Vector Machine (SVM).

Penggunaan Hough Transform pada penelitian ini mendukung proses identifikasi pola retakan jalan sehingga sistem dapat memperoleh informasi mengenai karakteristik garis pada permukaan jalan. Informasi tersebut membantu proses analisis untuk membedakan kondisi jalan retak dari kondisi jalan mulus maupun jalan berlubang.

2.7 Machine Learning

Machine Learning merupakan salah satu cabang dari kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) yang memungkinkan sistem komputer mempelajari pola dari data tanpa

diprogram secara langsung. Machine Learning bekerja dengan cara melakukan proses pelatihan menggunakan data tertentu sehingga sistem dapat mengenali pola dan melakukan prediksi atau klasifikasi secara otomatis.

Dalam bidang pengolahan citra digital, Machine Learning sering digunakan untuk membantu proses pengenalan objek berdasarkan karakteristik visual pada citra. Sistem akan mempelajari pola dari data latih yang diberikan, kemudian menggunakan pola tersebut untuk melakukan klasifikasi terhadap data baru yang belum pernah dikenali sebelumnya.

Pada penelitian ini, Machine Learning digunakan untuk membantu proses klasifikasi kondisi permukaan jalan berdasarkan fitur citra hasil ekstraksi. Penggunaan Machine Learning bertujuan untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam membedakan kondisi jalan mulus, retak, dan berlubang secara lebih akurat.

2.8 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) merupakan salah satu algoritma Machine Learning yang digunakan untuk proses klasifikasi data. Metode ini bekerja dengan mencari hyperplane terbaik yang dapat memisahkan data ke dalam beberapa kelas berdasarkan karakteristik tertentu.

SVM memiliki kemampuan yang baik dalam melakukan klasifikasi karena mampu memisahkan data dengan margin yang optimal. Selain itu, SVM dapat digunakan pada data dengan jumlah fitur yang cukup besar dan memiliki kemampuan yang baik dalam proses pengenalan pola.

Pada penelitian ini, algoritma SVM digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi jalan menjadi tiga kategori, yaitu jalan mulus, jalan retak, dan jalan berlubang berdasarkan

fitur citra hasil ekstraksi. Proses klasifikasi dilakukan setelah sistem melalui tahapan pengolahan citra dan ekstraksi fitur menggunakan histogram intensitas citra. Penggunaan SVM dalam penelitian ini dipilih karena sesuai untuk proses klasifikasi berdasarkan fitur numerik yang diperoleh dari citra serta dapat digunakan untuk membedakan beberapa kelas kondisi permukaan jalan.

2.9 Histogram Intensitas Citra

Histogram intensitas citra merupakan representasi distribusi nilai intensitas piksel yang terdapat pada suatu citra. Histogram menunjukkan jumlah piksel pada setiap tingkat intensitas sehingga dapat digunakan untuk menggambarkan karakteristik kecerahan suatu citra. Informasi tersebut dapat direpresentasikan dalam bentuk nilai numerik yang selanjutnya digunakan sebagai fitur dalam proses klasifikasi.

Dalam penelitian ini, histogram intensitas digunakan untuk merepresentasikan karakteristik citra permukaan jalan pada tiga kategori, yaitu jalan mulus, jalan retak, dan jalan berlubang. Setiap kondisi permukaan jalan dapat memiliki distribusi intensitas piksel yang berbeda sehingga histogram dapat digunakan untuk memperoleh karakteristik yang membedakan masing-masing kelas.

Fitur histogram yang diperoleh kemudian digunakan sebagai masukan pada algoritma Support Vector Machine (SVM). Dengan menggunakan histogram intensitas, proses ekstraksi fitur tetap sederhana dan sesuai dengan rancangan sistem penelitian.

2.10 Dataset Training dan Testing

Dataset merupakan kumpulan data yang digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian sistem Machine Learning. Dalam penelitian ini, dataset berupa citra permukaan

jalan yang terdiri dari beberapa kategori kondisi jalan yaitu jalan mulus, retak, dan berlubang.

Dataset dibagi menjadi dua bagian yaitu data latih (training data) dan data uji (testing data). Data latih digunakan untuk proses pembelajaran model Machine Learning agar sistem dapat mengenali pola kerusakan jalan berdasarkan fitur citra yang diberikan. Sedangkan data uji digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam melakukan klasifikasi terhadap data baru yang belum pernah dikenali sebelumnya. Pembagian dataset dilakukan agar hasil evaluasi sistem menjadi lebih objektif dan dapat menunjukkan kemampuan sebenarnya dari model klasifikasi yang digunakan.

2.11 Kerusakan Permukaan Jalan

Kerusakan permukaan jalan merupakan kondisi ketika kualitas fisik jalan mengalami penurunan sehingga dapat mengganggu kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan. Kerusakan jalan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti beban kendaraan yang berlebihan, kondisi cuaca, kualitas material jalan, serta kurangnya pemeliharaan secara berkala.

Secara umum, kerusakan permukaan jalan dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, seperti retak (*crack*), lubang (*pothole*), dan deformasi permukaan. Pada penelitian ini, jenis kerusakan yang menjadi fokus adalah retak dan lubang, sedangkan kondisi permukaan yang relatif baik digunakan sebagai kategori jalan mulus. Dengan demikian, sistem melakukan klasifikasi terhadap tiga kondisi permukaan jalan, yaitu jalan mulus, jalan retak, dan jalan berlubang.

Retak merupakan kerusakan yang ditandai dengan munculnya garis atau pola retakan pada permukaan jalan. Retakan dapat berbentuk lurus, bercabang, maupun tidak beraturan

tergantung pada penyebab kerusakannya. Pada citra digital, retakan umumnya dapat terlihat sebagai pola dengan perbedaan intensitas dibandingkan dengan permukaan jalan di sekitarnya. Karakteristik tersebut kemudian dianalisis melalui proses pengolahan citra untuk memperoleh informasi yang dapat digunakan dalam klasifikasi.

Lubang merupakan kerusakan berupa bagian permukaan jalan yang mengalami penurunan atau kehilangan material sehingga membentuk cekungan. Lubang dapat berkembang dari kerusakan permukaan yang tidak segera ditangani. Pada citra digital, area lubang dapat memiliki perbedaan intensitas, bentuk, dan tekstur dibandingkan dengan permukaan jalan yang relatif normal. Karakteristik tersebut digunakan sebagai salah satu informasi dalam proses identifikasi kondisi jalan.

Dalam penelitian ini, kondisi permukaan jalan diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu jalan mulus, jalan retak, dan jalan berlubang. Proses klasifikasi dilakukan dengan memanfaatkan pengolahan citra digital dan *Machine Learning* berdasarkan karakteristik visual yang terdapat pada citra permukaan jalan.

Sistem melakukan pengolahan citra melalui beberapa tahapan, yaitu grayscale, Gaussian Blur, Adaptive Thresholding, Contour Detection, dan Hough Transform untuk membantu memperoleh informasi mengenai area yang memiliki karakteristik kerusakan. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi fitur menggunakan histogram intensitas citra. Fitur tersebut kemudian digunakan sebagai masukan dalam proses klasifikasi menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). Dengan proses tersebut, sistem dirancang untuk mengenali kondisi permukaan jalan secara otomatis berdasarkan karakteristik citra dan pola yang dipelajari dari dataset penelitian.