

# **STUDI ANALISIS KINERJA JALAN RAYA AKIBAT BEBAN LALU LINTAS DAN FAKTOR LINGKUNGAN**

Rima Rahmawati, Azahri Maruman

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

## **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh beban lalu lintas dan faktor lingkungan terhadap kinerja jalan raya di wilayah perkotaan. Pendekatan metodologi yang digunakan meliputi pengumpulan data lalu lintas, pengujian kondisi perkerasan jalan, dan analisis faktor lingkungan seperti curah hujan dan suhu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban lalu lintas berat dan intensitas curah hujan yang tinggi secara signifikan mempengaruhi penurunan kualitas perkerasan jalan. Rekomendasi perbaikan dan strategi mitigasi untuk meningkatkan umur layanan jalan juga disajikan dalam penelitian ini.

## **Kata Kunci**

kinerja jalan raya, beban lalu lintas, faktor lingkungan, perkerasan jalan, mitigasi

## 1. Pendahuluan

Kinerja jalan raya merupakan salah satu aspek penting dalam pengembangan infrastruktur transportasi, karena jalan berfungsi sebagai tulang punggung mobilitas manusia dan distribusi barang. Kondisi jalan yang baik sangat memengaruhi kelancaran arus lalu lintas, efisiensi waktu perjalanan, serta keselamatan pengguna jalan. Namun, jalan yang mengalami kerusakan tidak hanya mengganggu kelancaran arus lalu lintas, tetapi juga dapat meningkatkan risiko kecelakaan, menambah biaya operasional kendaraan, dan membebani anggaran pemeliharaan.

Kerusakan jalan sering kali disebabkan oleh kombinasi berbagai faktor, dengan beban lalu lintas dan kondisi lingkungan menjadi dua penyebab utama. Beban lalu lintas yang berlebih, seperti kendaraan berat dengan muatan melebihi batas, dapat menyebabkan deformasi dan retakan pada lapisan jalan. Sementara itu, faktor lingkungan, termasuk cuaca ekstrem, banjir, dan perubahan suhu yang signifikan, dapat mempercepat proses pelapukan material jalan.

Untuk mengatasi masalah ini, penting dilakukan identifikasi mendalam terhadap pengaruh beban lalu lintas dan faktor lingkungan. Analisis ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain jalan, memilih material yang lebih tahan terhadap kondisi tertentu, serta merencanakan strategi pemeliharaan yang lebih efektif. Dengan pendekatan ini, diharapkan umur teknis jalan dapat diperpanjang, biaya pemeliharaan dapat ditekan, dan kinerja jalan raya tetap terjaga untuk mendukung aktivitas ekonomi serta mobilitas masyarakat.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Yogyakarta, yang dikenal sebagai salah satu daerah dengan tingkat lalu lintas yang tinggi. Kota ini tidak hanya menjadi pusat pendidikan dan kebudayaan, tetapi juga destinasi wisata populer yang menarik banyak wisatawan domestik maupun mancanegara. Akibatnya, lalu lintas di Yogyakarta terdiri dari berbagai jenis kendaraan, termasuk sepeda motor, mobil pribadi, angkutan umum, hingga kendaraan pariwisata, yang semuanya berkontribusi terhadap kompleksitas dan volume lalu lintas di wilayah ini.

### 2.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini melibatkan tiga aspek utama yang diamati, yaitu lalu lintas, kondisi perkerasan jalan, dan faktor lingkungan.

1. **Lalu Lintas:** Pengamatan lalu lintas dilakukan secara intensif dengan menggunakan alat penghitung kendaraan otomatis yang ditempatkan di lokasi penelitian. Alat ini mampu merekam data lalu lintas selama 24 jam penuh, sehingga memberikan gambaran yang komprehensif tentang pola lalu lintas harian. Data yang diperoleh meliputi jumlah kendaraan, jenis kendaraan yang melintas, dan waktu puncak kepadatan lalu lintas. Informasi ini sangat penting untuk memahami intensitas dan distribusi kendaraan yang melintas di jalan-jalan di wilayah tersebut.
2. **Kondisi Perkerasan Jalan:** Untuk mengevaluasi kondisi perkerasan jalan, dilakukan uji visual secara langsung di lapangan serta pengujian lebih mendalam di laboratorium. Uji visual bertujuan untuk mengidentifikasi kerusakan permukaan seperti retak, lubang, dan deformasi lainnya. Sementara itu, pengujian laboratorium dilakukan untuk mengukur kekuatan struktur jalan melalui berbagai parameter teknis, seperti modulus elastisitas dan nilai kekuatan tarik. Kombinasi antara uji visual dan pengujian laboratorium memberikan pemahaman yang

menyeluruh tentang tingkat kerusakan dan daya tahan perkerasan jalan terhadap beban lalu lintas dan faktor lingkungan.

3. **Faktor Lingkungan:** Faktor lingkungan menjadi elemen penting yang juga dianalisis dalam penelitian ini. Data terkait curah hujan dan suhu diperoleh dari badan meteorologi setempat, yang menyediakan informasi akurat berdasarkan catatan historis dan pengamatan terkini. Curah hujan digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan dan potensi genangan air, sementara suhu diukur untuk memahami pengaruh perubahan termal terhadap daya tahan perkerasan jalan. Analisis faktor lingkungan ini membantu dalam mengidentifikasi hubungan antara kondisi cuaca dan kerusakan jalan.

Pendekatan yang menyeluruh terhadap ketiga aspek ini memungkinkan penelitian untuk memberikan hasil yang akurat dan relevan dalam memahami hubungan antara lalu lintas, kondisi perkerasan jalan, dan pengaruh faktor lingkungan.

### 2.3 Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis menggunakan metode statistik untuk menentukan hubungan antara variabel beban lalu lintas, faktor lingkungan, dan tingkat kerusakan jalan. Analisis dilakukan dengan tujuan untuk memahami pola dan hubungan kausal yang mungkin terjadi di antara variabel-variabel tersebut.

1. **Beban Lalu Lintas:** Data beban lalu lintas yang dikumpulkan melalui alat penghitung otomatis diolah untuk mendapatkan informasi mengenai volume kendaraan, distribusi jenis kendaraan, serta intensitas lalu lintas pada waktu tertentu. Parameter ini kemudian dikorelasikan dengan tingkat kerusakan jalan untuk menentukan sejauh mana volume kendaraan, terutama kendaraan berat, berkontribusi terhadap degradasi perkerasan jalan.
2. **Faktor Lingkungan:** Data curah hujan dan suhu dianalisis untuk mengidentifikasi pengaruhnya terhadap kondisi perkerasan jalan. Misalnya, analisis statistik dilakukan untuk melihat apakah peningkatan curah hujan atau

perubahan suhu ekstrem berkorelasi dengan peningkatan kerusakan jalan seperti retak, deformasi, atau lubang. Pengaruh kelembapan terhadap daya dukung tanah di bawah perkerasan juga dianalisis untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang interaksi faktor lingkungan dengan kerusakan jalan.

3. **Kerusakan Jalan:** Data kerusakan jalan yang diperoleh melalui uji visual dan pengujian laboratorium dikuantifikasi menggunakan berbagai indeks kerusakan jalan, seperti Pavement Condition Index (PCI) atau metode serupa. Indeks ini memungkinkan pengukuran tingkat kerusakan jalan secara objektif dan konsisten. Data ini kemudian dimasukkan ke dalam model statistik untuk dihubungkan dengan variabel lalu lintas dan faktor lingkungan.

Metode statistik yang digunakan mencakup analisis regresi untuk menentukan hubungan linier atau non-linier antara variabel-variabel tersebut, serta uji korelasi untuk mengukur kekuatan hubungan antarvariabel. Dalam beberapa kasus, analisis multivariat digunakan untuk memahami pengaruh kombinasi variabel beban lalu lintas dan faktor lingkungan terhadap kerusakan jalan. Selain itu, uji hipotesis juga dilakukan untuk memastikan signifikansi statistik dari hasil analisis.

Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang mendalam mengenai faktor-faktor utama yang mempengaruhi kerusakan jalan. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu dalam pengembangan strategi perencanaan dan pemeliharaan jalan yang lebih efektif, khususnya dalam menghadapi beban lalu lintas yang tinggi dan kondisi lingkungan yang dinamis.

### **3. Hasil dan Pembahasan**

#### **3.1 Pengaruh Beban Lalu Lintas**

Beban lalu lintas yang berat, khususnya dari kendaraan angkut seperti truk dan kendaraan berat lainnya, memberikan kontribusi yang signifikan terhadap terjadinya deformasi pada perkerasan jalan. Kendaraan berat ini tidak hanya menimbulkan tekanan yang jauh lebih besar dibandingkan kendaraan ringan, tetapi juga memberikan beban aksial yang

berulang, yang mempercepat kerusakan pada struktur jalan. Tekanan berlebih yang terus-menerus ini mengakibatkan deformasi plastis pada lapisan perkerasan, yang pada akhirnya dapat memicu retak, gelombang, dan bahkan lubang pada permukaan jalan.

Penelitian menunjukkan bahwa jalan yang dilalui oleh lalu lintas berat memiliki tingkat kerusakan yang terjadi dua kali lebih cepat dibandingkan jalan dengan lalu lintas ringan. Hal ini disebabkan oleh kombinasi beban berat, frekuensi penggunaan, dan tekanan dinamis yang diterima oleh perkerasan. Beban aksial kendaraan berat dapat menembus lapisan permukaan jalan hingga ke lapisan pondasi, menyebabkan penurunan daya dukung dan kestabilan struktural jalan. Selain itu, jalan dengan lalu lintas berat juga cenderung lebih rentan terhadap kerusakan saat menghadapi kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti curah hujan tinggi atau perubahan suhu yang signifikan.

Percepatan tingkat kerusakan ini tidak hanya berdampak pada umur teknis jalan, tetapi juga meningkatkan biaya pemeliharaan dan perbaikan jalan secara signifikan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan yang matang dalam desain perkerasan jalan yang dirancang untuk lalu lintas berat, termasuk penggunaan material yang lebih tahan lama dan penerapan metode pemeliharaan yang lebih efektif. Selain itu, pengaturan lalu lintas berat melalui kebijakan pembatasan tonase kendaraan dan penerapan sistem pemantauan beban kendaraan juga menjadi langkah penting untuk mengurangi dampak negatif lalu lintas berat terhadap kondisi jalan.

### **3.2 Dampak Faktor Lingkungan**

Curah hujan yang tinggi memiliki dampak signifikan terhadap kondisi perkerasan jalan, terutama melalui mekanisme infiltrasi air ke dalam lapisan perkerasan. Ketika air hujan meresap melalui retakan kecil atau sambungan di permukaan jalan, air dapat mencapai lapisan dasar atau subgrade. Proses infiltrasi ini mengakibatkan peningkatan kelembapan pada material penyusun lapisan jalan, yang secara langsung mengurangi kekuatan dan daya dukung lapisan tersebut. Akibatnya, jalan menjadi lebih rentan terhadap deformasi, seperti kerut (*rutting*), amblas, dan munculnya lubang (*potholes*). Dalam jangka panjang,

kondisi ini dapat mempercepat kerusakan struktural jalan, terutama di wilayah dengan curah hujan yang sangat tinggi atau genangan air yang sering terjadi.

Selain itu, suhu ekstrem juga memainkan peran penting dalam memengaruhi kinerja perkerasan jalan. Pada suhu yang sangat tinggi, bahan perkerasan, seperti aspal, menjadi lebih lunak dan kehilangan sebagian dari fleksibilitas serta kekuatannya. Hal ini dapat mengakibatkan deformasi permanen pada jalan, seperti alur (rutting) akibat tekanan kendaraan berat. Di sisi lain, suhu yang sangat rendah dapat menyebabkan material aspal menjadi rapuh dan kehilangan kelenturannya, sehingga meningkatkan risiko retak akibat tegangan termal. Siklus pembekuan dan pencairan pada suhu rendah juga dapat memperburuk kerusakan jalan, terutama jika air yang terperangkap dalam lapisan perkerasan membeku dan mencair berulang kali, menyebabkan ekspansi dan kontraksi yang merusak struktur jalan.

Secara keseluruhan, kombinasi antara curah hujan tinggi dan suhu ekstrem menciptakan tantangan besar dalam pemeliharaan dan perencanaan jalan. Pengaruh lingkungan ini mempercepat degradasi material perkerasan, meningkatkan biaya perbaikan, dan mengurangi umur layanan jalan. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor ini dalam desain dan manajemen infrastruktur jalan, termasuk penggunaan material yang lebih tahan terhadap perubahan cuaca dan sistem drainase yang efektif untuk mengurangi dampak negatif dari infiltrasi air.

### **3.3 Interaksi Beban Lalu Lintas dan Faktor Lingkungan**

Interaksi antara beban lalu lintas dan faktor lingkungan memiliki kontribusi yang signifikan dalam mempercepat proses kerusakan jalan. Hubungan ini terjadi karena kedua faktor tersebut saling memperkuat dampak negatifnya terhadap kondisi perkerasan jalan. Ketika beban lalu lintas, terutama dari kendaraan berat, berulang kali memberikan tekanan besar pada jalan, struktur lapisan perkerasan menjadi lebih rentan terhadap deformasi. Beban berat ini menyebabkan pergeseran material dan munculnya kerusakan,

seperti retak, alur (rutting), atau bahkan kegagalan struktural, terutama pada jalan yang tidak dirancang untuk menahan beban tinggi secara terus-menerus.

Kondisi ini menjadi lebih parah pada musim hujan, ketika curah hujan tinggi menyebabkan infiltrasi air ke dalam lapisan perkerasan. Air yang meresap ke dalam lapisan dasar atau subgrade dapat melemahkan kekuatan tanah pendukung jalan, sehingga mengurangi daya dukung jalan terhadap beban kendaraan. Pada situasi ini, tekanan dari kendaraan berat akan menghasilkan deformasi yang lebih besar, seperti penurunan (settlement) atau kerusakan permanen lainnya. Fenomena ini sering terjadi di wilayah dengan sistem drainase yang buruk, di mana air hujan tidak dapat dengan cepat dialirkan, sehingga memperpanjang durasi genangan air di permukaan jalan.

Sebagai contoh nyata, jalan yang sering dilalui oleh truk bermuatan berat selama musim hujan menunjukkan tingkat kerusakan yang jauh lebih parah dibandingkan dengan jalan yang dilalui oleh kendaraan ringan atau pada kondisi cuaca yang kering. Kendaraan berat meningkatkan tekanan pada perkerasan yang sudah melemah akibat infiltrasi air, sehingga retakan kecil dapat berkembang menjadi retakan besar, lubang (potholes), atau kerusakan struktural lainnya dalam waktu singkat. Selain itu, pengaruh beban dinamis dari kendaraan berat juga dapat mempercepat propagasi kerusakan, terutama jika jalan mengalami getaran berulang yang memperburuk kondisi material perkerasan.

Interaksi ini menunjukkan perlunya perencanaan yang lebih baik dalam desain dan pemeliharaan jalan, termasuk pemilihan material perkerasan yang tahan terhadap kelembapan, peningkatan kapasitas drainase, serta pengendalian beban lalu lintas, misalnya melalui pembatasan berat kendaraan yang melintas. Dengan mempertimbangkan interaksi antara beban lalu lintas dan faktor lingkungan, strategi pemeliharaan jalan dapat lebih efektif dalam memperpanjang umur layanan jalan dan mengurangi biaya perbaikan jangka panjang.

#### 4. Kesimpulan dan Rekomendasi

Penelitian ini mengungkapkan bahwa kinerja jalan raya sangat dipengaruhi oleh interaksi antara beban lalu lintas berat dan faktor lingkungan, terutama curah hujan. Beban lalu lintas yang tinggi, khususnya dari kendaraan berat, memberikan tekanan yang signifikan pada perkerasan jalan, yang dapat mempercepat kerusakan struktural jika tidak diimbangi dengan desain jalan yang memadai. Di sisi lain, curah hujan yang tinggi memperburuk situasi dengan menyebabkan infiltrasi air ke dalam lapisan perkerasan, sehingga melemahkan kekuatan dan stabilitas lapisan dasar. Kombinasi dari kedua faktor ini menghasilkan tingkat kerusakan jalan yang lebih cepat dan signifikan, terutama di wilayah dengan intensitas lalu lintas tinggi dan sistem drainase yang kurang memadai.

Untuk mengatasi masalah ini dan meningkatkan umur layanan jalan, beberapa langkah strategis direkomendasikan:

1. **Penggunaan Material Perkerasan yang Tahan terhadap Cuaca Ekstrem**

Penggunaan material perkerasan yang dirancang khusus untuk tahan terhadap perubahan suhu ekstrem dan kelembapan tinggi dapat secara signifikan meningkatkan daya tahan jalan. Material ini harus memiliki fleksibilitas yang baik untuk mengatasi tekanan dari kendaraan berat serta ketahanan terhadap retak akibat siklus pembekuan dan pencairan. Selain itu, bahan aditif dapat digunakan untuk memperbaiki sifat aspal atau beton sehingga lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras.

2. **Implementasi Sistem Drainase yang Efektif**

Sistem drainase yang dirancang dengan baik sangat penting untuk mengurangi dampak negatif curah hujan terhadap jalan. Drainase yang efektif mampu mengalirkan air hujan dengan cepat dari permukaan jalan, sehingga mengurangi risiko genangan dan infiltrasi air ke dalam lapisan perkerasan. Selain itu, pemeliharaan rutin sistem drainase juga perlu dilakukan untuk memastikan fungsinya tetap optimal.

- 3. Pembatasan Beban Kendaraan Berat melalui Kebijakan Regulasi**  
Kebijakan pembatasan beban kendaraan berat perlu diterapkan untuk mengurangi tekanan berlebihan pada jalan. Regulasi ini dapat mencakup penegakan batas muatan maksimum, pemasangan jembatan timbang di titik-titik strategis, serta pemberian sanksi yang tegas terhadap pelanggaran. Selain itu, distribusi beban lalu lintas dapat dioptimalkan melalui pembangunan jalur alternatif atau jalan khusus untuk kendaraan berat.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi antara beban lalu lintas berat dan faktor lingkungan, terutama curah hujan, merupakan penyebab utama kerusakan jalan yang signifikan. Interaksi antara kedua faktor ini mempercepat degradasi jalan, terutama di wilayah dengan intensitas kendaraan berat yang tinggi dan sistem drainase yang tidak memadai. Tanpa langkah mitigasi yang tepat, biaya perbaikan jalan akan terus meningkat, dan umur layanan jalan akan berkurang secara signifikan.

Untuk meningkatkan umur layanan jalan dan mengurangi kerusakan, diperlukan pendekatan terpadu yang melibatkan peningkatan kualitas material perkerasan, perbaikan sistem drainase, dan penegakan regulasi terkait beban kendaraan berat. Dengan menerapkan langkah-langkah ini, diharapkan kerusakan jalan dapat diminimalkan, efisiensi transportasi meningkat, dan biaya perbaikan jalan dapat ditekan dalam jangka panjang.

#### **Daftar Pustaka**

- Asphalt Institut. (2014). *The Asphalt Handbook*. Lexington, KY: Asphalt Institute.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Bina Marga. (2020). *Panduan Pemeliharaan Jalan Nasional*. Jakarta: Kementerian PUPR.