

## PEMODELAN KONDISI PERKERASAN JALAN DENGAN METODE PROBABILISTIK RANTAI MARKOV

Edison Pardamean Togatorop, Ahmad Perwira Mulia Tarigan, Emma Patricia Bangun  
Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Indonesia  
Email: ediparda75@gmail.com

---

### Abstrak:

Perkerasan jalan merupakan bagian penting dari infrastruktur transportasi dan memerlukan pemeliharaan yang teratur. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan kondisi perkerasan jalan dengan metode probabilistik rantai Markov. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan pengambilan data dari survei kondisi perkerasan jalan di lapangan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode probabilistik rantai Markov, yang dapat digunakan untuk memodelkan perubahan kondisi perkerasan jalan dari waktu ke waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode probabilistik rantai Markov dapat digunakan untuk memodelkan perubahan kondisi perkerasan jalan dengan akurasi yang tinggi. Metode ini juga dapat digunakan untuk membuat prediksi kondisi perkerasan jalan di masa depan dan menentukan waktu yang tepat untuk melakukan perawatan dan perbaikan. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan metode probabilistik rantai Markov sebagai alat untuk memodelkan kondisi perkerasan jalan dan membuat keputusan perawatan dan perbaikan yang tepat. Dengan demikian, diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan perkerasan jalan dan memperpanjang umur layanan perkerasan jalan.

**Kata Kunci:** Preservasi; Prediksi Kondisi Perkerasan; Rantai Markov; SDI.

### Abstract:

*Road pavements are an important part of transportation infrastructure and require regular maintenance. This study aimed to model the condition of road pavement by the probabilistic method of Markov chains. The method used in this study is a literature study and data collection from a survey of road pavement conditions in the field. Data analysis was performed using the Markov chain probabilistic method, which can be used to model changes in pavement conditions over time. The results showed that the Markov chain probabilistic method can be used to model changes in pavement conditions with high accuracy. This method can also be used to make predictions of future pavement conditions and determine the right time to perform maintenance and repairs. The study recommends using the Markov chain probabilistic method as a tool to model pavement conditions and make appropriate maintenance and repair decisions. Thus, it is expected to increase the effectiveness of road pavement management and extend the service life of road pavement.*

### **Article History**

Diterima : 05 Maret 2023

Direvisi :

Publish :

---

## **PENDAHULUAN**

Kerusakan jalan akan mempengaruhi laju dan terganggunya kenyamanan dan keamanan kendaraan yang melintas (Juliansyah & Rahmi, 2021). Berbagai macam tingkat kondisi kerusakan jalan akan mempengaruhi biaya pemeliharaan dan perbaikan jalan. Oleh karenanya pendekatan secara empiris diperlukan guna menentukan program pemeliharaan jalan yang efektif dan efisien, sehingga besaran biaya yang dikeluarkan tidak lagi menggunakan harga taksiran, melainkan mengacu pada tingkat kondisi kerusakan sesuai kondisi eksisting jalan.

Salah satu metode pemodelan probabilistik yang tersedia untuk tujuan ini adalah teknik Markovian, yang merupakan teknik probabilistik yang telah terbukti sebagai alat yang efektif dalam memprediksi kinerja perkerasan di masa depan (Abaza & Ashur, 1998). Proses Markov mengasumsikan perubahan kondisi perkerasan bergantung pada kondisi perkerasan saat ini. Sebagai tambahan prediksi performa perkerasan dengan rantai Markov, tingkat penurunan kondisi perkerasan dan tingkat perbaikan kondisi perkerasan juga dapat diintegrasikan (Abaza et al., 2004). Pada proses penggunaannya, model rantai Markov memerlukan matriks probabilitas transisi (MPT) untuk mendefinisikan perubahan kondisi perkerasan jalan dari satu kondisi ke kondisi lainnya.

Keuntungan penggunaan model rantai Markov dalam memprediksi kondisi adalah kemampuan mengatasi ketidakpastian dari konstruksi, lingkungan dan kualitas bahan (Mahani, 2019);(Arimbi, 2015). Selain itu, model Markov memiliki kelebihan dalam hal kemudahannya untuk digunakan pada penyusunan rencana anggaran pemeliharaan setiap tahun dengan memberikan hasil yang optimum ditinjau dari segi biaya untuk jenis pemeliharaan rutin (Cahyaningrum & Nugroho, 2014). Penggunaan Model Rantai Markov dalam memprediksi kondisi perkerasan jalan dapat membantu dalam membandingkan kondisi keseluruhan setelah dilakukan tindakan pemeliharaan pada jaringan jalan, sehingga tindakan pemeliharaan dapat dilakukan dengan tepat dan optimal (Surendrakumar et al., 2013).

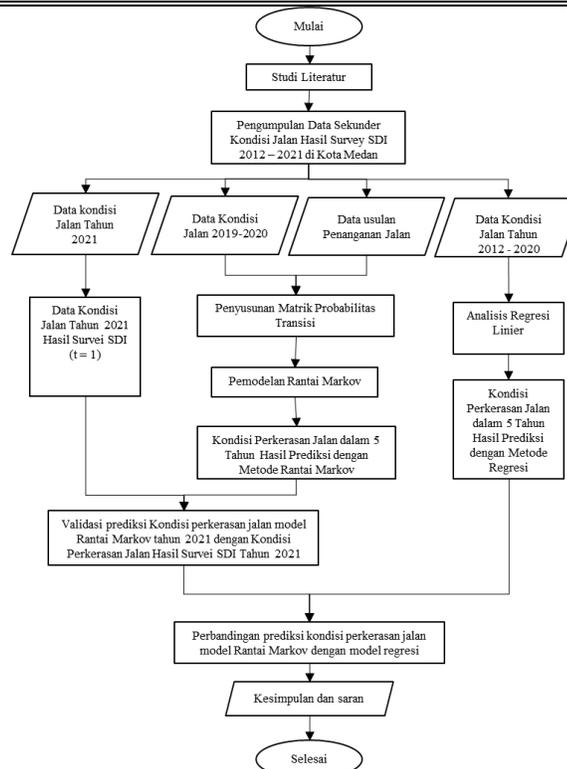
Dalam usaha memperoleh perencanaan program pemeliharaan yang optimal pada jaringan jalan, pengelola jalan memerlukan informasi perkiraan dari perubahan kondisi perkerasan jalan di waktu mendatang, baik perubahan akibat dilakukan penanganan maupun tidak dilakukannya penanganan terhadap kerusakan perkerasan jalan. Oleh karena itu, suatu metode yang efektif untuk mengetahui kinerja jalan di masa mendatang sangat dibutuhkan (Nugrahayu & Retnani,

2015). Salah satu cara untuk mengetahui kinerja jalan di masa mendatang adalah dengan cara memprediksi perkembangan kondisi perkerasan jalan guna menentukan preservasi perkerasan jalan yang sesuai dengan kerusakan jalan di masa yang akan datang (Hutauruk et al., 2015). Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan kondisi perkerasan jalan di periode lima tahun mendatang dengan menerapkan model rantai Markov berdasarkan jenis usulan tindakan penanganan terhadap kerusakan perkerasan jalan setiap tahunnya pada wilayah studi Jalan Provinsi di Kota Medan.

Ada pun penelitian yang serupa dilakukan oleh Szali (2019), dalam penelitiannya yang berjudul "Aplikasi Model Rantai Markov Dalam Pengelolaan Jalan Di Kabupaten Bangka Barat." dalam penelitiannya menghasilkan Aplikasi model rantai Markov pada jaringan jalan kabupaten untuk periode lima tahun (2018 – 2022) menggunakan nilai MPT dari transisi kondisi jalan tahun 2016 – 2017, dengan asumsi penanganan kerusakan untuk seluruh jaringan jalan dilakukan setiap tahun tanpa ada penundaan, menghasilkan gambaran perubahan kondisi perkerasan jalan yang sangat baik, dimana kondisi Baik (B) mengalami peningkatan setiap tahun, dari 62.9% di tahun 2017 menjadi 96.8% di tahun 2022.

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan kondisi perkerasan jalan dengan metode probabilistik rantai Markov. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah (a) Meningkatkan efisiensi perawatan. (b) Meningkatkan umur layanan perkerasan jalan. (c) Menjaga keselamatan pengguna jalan.

## METODE



**Gambar 1** Diagram Alur Penelitian

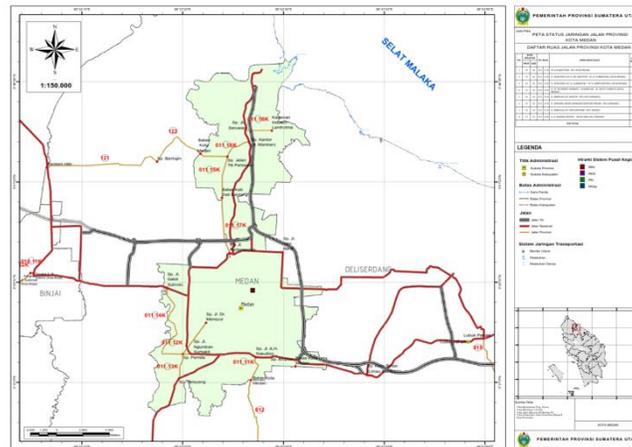
Sumber data histori penanganan jalan tahun 2019/2020 dan data kondisi jalan tahun 2012-2018 diperoleh dari data sekunder dari Unit Pelaksana Teknis Jalan dan Jembatan (UPT JJ) Medan Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Kota Medan. Metode untuk memeriksa kondisi perkerasan jalan tahun 2021 sampai 2025 adalah dengan model Rantai Markov dan analisis regresi linear. Untuk model Rantai Markov, perubahan kondisi perkerasan jalan yang diamati untuk penyusunan Matriks Probabilitas Transisi (MPT) adalah untuk kondisi perkerasan jalan tahun 2019 – 2020, dengan kondisi *state* pada tahun 2020. Prediksi yang dilakukan adalah untuk kondisi perkerasan jalan tahun 2021 sampai 2025. Validasi prediksi kondisi perkerasan jalan tahun 2021 dari model Rantai Markov divalidasi dengan kondisi perkerasan jalan hasil survei SDI tahun 2021. Selanjutnya dilakukan perbandingan hasil prediksi kondisi perkerasan jalan dengan model Rantai Markov dan model regresi untuk tahun 2021 sampai 2025.

Penelitian ini mengambil lokasi di Kota Medan, dimana yang menjadi objek studi adalah beberapa ruas jalan di Kota Medan yang merupakan kewenangan Provinsi Sumatera Utara (Status jalan Provinsi). Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Sumatera Utara Nomor 188.44/673/ KPTS/2018 tanggal 08 Juni 2018, tentang Penetapan Ruas Ruas Jalan Menurut Statusnya sebagai Jalan Provinsi, ada sebanyak 171 (seratus tujuh puluh satu) ruas dengan total panjang jalan provinsi = 3.005,65 Km, yang tersebar di 33 (tiga puluh tiga) kabupaten dan kota di Sumatera Utara. Dalam penelitian ini diambil keseluruhan data 8 (delapan) ruas jalan provinsi yang ada di Kota Medan dengan total panjang sebesar = 37,55 Km yang berada di wilayah kerja Unit Pelaksana Teknis Jalan dan Jembatan (UPT JJ) Medan Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi, dan disajikan dalam Tabel 1. Peta jaringan jalan provinsi di Kota Medan terdapat pada Gambar 2 dengan garis berwarna kuning menunjukkan jalan provinsi.

**Tabel 1****Daftar Ruas Jalan Provinsi di Kota Medan wilayah kerja Unit Pelaksana Teknis Jalan dan Jembatan (UPT JJ) Medan Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi**

NO	NO RUAS	NAMA RUAS	PANJANG RUAS (Km)	STATIONING	LEBAR JALAN (M)	KET.
1	2	3	4	5	6	7
<b>B. UPT JJ MEDAN</b>			<b>184.42</b>			
<b>B.1 KOTA MEDAN</b>			<b>37.55</b>			
1	26 011-11K	SP. A.H.NASUTION - BTS. (KOTA MEDAN)	2.70	5+900 - 6+000 6+000 - 6+100 6+100 - 5+903	22.00 9.40 6.00	
2	26 011-12K	JLN. SETIA BUDI (SP.JLN.DR.MANSYUR - SP.JLN.FLAMBOYAN) (KOTA MEDAN)	3.80	5+500 - 5+504	17.20	
3	26 011-13K	JLN. SETIA BUDI (SP.JLN.FLAMBOYAN - SP.JLN.J.GINTING ) (KOTA MEDAN )	2.30	9+300 - 9+302	13.70	
4	26 011-14K	JLN.SP.NGUMBAN SURBAKTI - FLAMBOYAN - SP.GATOT SUBROTO (KOTA MEDAN)	10.20	8+440 - 9+100 9+100 - 9+400 9+480 - 17+300 17+300 - 8+450	14.50 20.00 16.00 20.00	
5	26 011-15K	JLN.MARELAN (SP.KANTOR - BTS.D.SERDANG)	6.65	13+600 - 16+850 16+850 - 17+850 17+650 - 18+250 18+250 - 13+607	8.60 12.00 9.70 8.25	
6	26 011-16K	JL. SERUWAI (AKSES KAWASAN INDUSTRI MEDAN - DELI SERDANG)	3.00	16+800 - 17+700 17+700 - 16+803	6.00 12.00	
7	26 011-17K	JLN.MARELAN (SP.JLN.PERTEMPURAN -	5.40	8+200 - 8+300 8+300 - 9+800 9+800 - 8+205	18.00 12.00 8.60	
8	26 011-18K	JL. K. RAHMAT BUDDIN - BATAS KAB. DELI SERDANG	3.50	15+000 - 15+004	8.00	

(Sumber: Surat Keputusan Gubernur Sumatera Utara Nomor 188.44/673/ KPTS/2018 tanggal 08 Juni 2018)



**Gambar 2** Peta Jaringan Jalan Provinsi di Kota Medan

(Sumber: Surat Keputusan Gubernur Sumatera Utara Nomor 188.44/673/ KPTS/2018 tanggal 08 Juni 2018)

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (a) Data *Surface Distress Index* (SDI) dipakai sebagai data kondisi jalan pada kondisi sekarang. Data SDI ini diperoleh dari data sekunder hasil survei pada tahun 2012 - 2020; (b) Data kondisi eksisting perkerasan jalan, merupakan variabel yang akan digunakan dalam pemodelan, dimana kondisi jalan terbagi menjadi empat tingkatan, yaitu: Baik, Sedang, Rusak Ringan dan Rusak Berat;

Data usulan penanganan jalan, digunakan untuk mengetahui jenis penanganan yang akan dilaksanakan.

Metode analisis data diawali dengan *Markov chain process*. Secara garis besar, ada empat langkah yang dilakukan dalam proses pemodelan ini, yaitu: (a) Penentuan kriteria kondisi; (b) Perhitungan distribusi kondisi awal; (c) Penyusunan matriks probabilitas transisi; (d) Model prediksi kondisi perkerasan.

Kriteria *state* kondisi ditentukan menjadi empat *state* kondisi, sesuai dengan jumlah dari jenis tingkatan kondisi yang ada, yaitu kondisi Baik (B), Sedang (S), Rusak Ringan (RR) dan Rusak Berat (RB). *State* 1 mewakili kondisi terbaiknya, di mana perkerasan jalan berada pada tingkat kondisi Baik (B), sedangkan *state* 4 mewakili kondisi terburuknya, dimana perkerasan jalan berada pada tingkat kondisi Rusak Berat (RB). Kriteria *state* kondisi perkerasan jalan untuk empat jenis tingkatan kondisi yang ada, ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2**  
**Kriteria State Kondisi Jalan**

<b>State Kondisi</b>	<b>Tingkat Kondisi Ruas Jalan</b>
1	Baik (B)
2	Sedang (S)
3	Rusak Ringan (RR)

Pada penelitian ini, akhir tahun 2020 dijadikan sebagai tahun dasar ( $t=0$ ). Dari data kondisi jalan tahun 2020, distribusi kondisi perkerasan dapat dihitung berdasarkan klasifikasi nilai kondisi yang telah ditentukan. Proporsi distribusi diperoleh dengan cara membandingkan panjang segmen jalan yang berada pada kondisi tertentu dengan panjang total dari ruas jalan yang ditinjau. Setelah diperoleh nilai distribusi kondisi awal untuk seluruh state, selanjutnya vektor kondisi awal ( $\alpha_0$ ) dapat disusun sesuai dengan persamaan 1.

$$\alpha_0 = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots, \alpha_n) \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

$\alpha_0$  = Distribusi kondisi pada waktu ke-0; yang merupakan vector awal ( $\alpha_{t-1}$ )

$\alpha_i$  = Nilai kondisi *state* I pada tahun kesatu ( $t = 1$ )

$\alpha_2$  = Nilai kondisi *state* II pada tahun kedua ( $t = 2$ )

$\alpha_3$  = Nilai kondisi *state* III pada tahun ketiga ( $t = 3$ )

$\alpha_n$  = Nilai kondisi *state* n pada tahun n ( $t = n$ )

Kemudian MPT disusun berdasarkan data transisi kondisi jalan dalam satu tahun operasional penanganan perkerasan jalan (tahun 2020). Kategori yang digunakan adalah dengan penanganan, artinya terdapat tindakan penanganan terhadap kerusakan jalan, sehingga nilai kondisi perkerasan dimungkinkan akan berpindah ke keadaan yang lebih baik setelah satu siklus. Jenis program penanganan jalan dapat berupa pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi dan rekonstruksi atau peningkatan struktur. MPT yang disusun pada kategori ini berisikan nilai probabilitas transisi peningkatan.

Dengan diperolehnya vektor kondisi awal ( $\alpha_0$ ) dan MPT dari hasil perhitungan, maka terbentuk model rantai Markov. Perhitungan estimasi kondisi perkerasan tahun ke t menggunakan model prediksi ini dilakukan dengan cara mengalikan vektor kondisi awal dengan MPT, sesuai dengan Persamaan 2.

$$\alpha_t = \alpha_{t-1} \times P = \alpha_0 \times P^t \dots\dots(2)$$

dalam hal ini:

$\alpha_t$  = distribusi kondisi pada waktu t;

$\alpha_0$  = distribusi kondisi pada waktu ke-0; yang merupakan vektor awal ( $\alpha_{t-1}$ );

$P^t$  = MPT yang ditingkatkan dengan kontrol waktu t;

t = waktu yang berlalu dalam satuan tahun;

Setelah mendapatkan model prediksi rantai Markov, maka aplikasi model untuk memprediksi kondisi perkerasan jalan dimasa mendatang dapat dilakukan. Akan tetapi, sebelum

masuk ke tahap aplikasi prediksi, terlebih dahulu ditentukan jenis usulan penanganan sesuai dengan kategori yang dibuat, berdasarkan data kondisi pada tahun dasar ( $t=0$ ). Penentuan jenis penanganan ini, akan berpengaruh pada MPT mana yang akan digunakan dalam perhitungan.

Aplikasi prediksi dilakukan untuk periode lima tahun (2021 – 2025). Nilai kondisi hasil prediksi tahun pertama ( $t=1$ ) menjadi masukan dalam perhitungan prediksi untuk tahun kedua ( $t=2$ ). Prediksi kondisi untuk tahun berikutnya dilakukan dengan cara yang sama dan dilakukan sampai dengan akhir tahun kelima ( $t=5$ ).

Hasil dari prediksi metode Rantai Markov ini selanjutnya dibandingkan dengan hasil dari regresi linear. Berbeda dengan Rantai Markov, regresi linier memberikan prediksi berdasarkan kondisi jalan pada beberapa tahun sebelumnya. Hasil prediksi regresi ini nantinya akan memberikan gambaran kesesuaian hasil prediksi Rantai Markov yang telah dilakukan. Pada penelitian ini, regresi linier akan dilakukan menggunakan data kondisi jalan dari tahun 2012 sampai tahun 2020. Tahap terakhir adalah kesimpulan dan saran, yaitu dari hasil analisis akan ditarik kesimpulan dan disampaikan saran bagi para peneliti selanjutnya yang akan mengkaji hal sejenis untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

---

### A. Perhitungan Matriks Probabilitas Transisi (MPT)

Perhitungan estimasi probabilitas transisi merupakan proses yang tidak begitu rumit apabila observasi perubahan kondisi masing-masing segmen perkerasan dapat dilakukan (Rifai, 2021). Sebagai contoh, apabila dilakukan pengukuran kondisi perkerasan di tahun 2019 dan kemudian ditahun 2020, maka kita dapat mengestimasi probabilitas perubahan kondisi perkerasan dari satu *state* ke *state* lainnya.

### B. Matriks Probabilitas Transisi (MPT)

Berdasarkan persentase kondisi permukaan jalan dan kategorisasi jenis penanganannya, maka ruas yang mendapat penanganan pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala adalah: (a) Ruas 1, Jl. Sp. A.H. Nasution - Bts. Kota Medan dengan panjang 2700 meter; (b) Ruas 2, Jl. Setia Budi (Sp. Jln. Dr. Mansyur - Sp. Jln. Flamboyan) (Kota Medan) dengan panjang 3800 meter; (c) Ruas 3, Jl. Setia Budi (Sp. Jln. Flamboyan - Sp. Jln. Jamin Ginting) (Kota Medan) dengan panjang 2.300 meter; (d) Ruas 4, Jl. Sp. Ngumban Surbakti - Flamboyan - Sp. Gatot Subroto (Kota Medan) dengan panjang 10.200 meter; (e) Ruas 8, Jl. K. Rahmat Buddin - Batas Kab. Deli Serdang dengan panjang 3300 meter.

Dari data transisi kondisi perkerasan jalan dihitung MPT untuk masing-masing ruas jalan Sebagai contoh pada ruas jalan 1, untuk kondisi perkerasan baik adalah:

$$\text{Kondisi perkerasan Baik} \rightarrow \text{Baik} = \frac{8680}{12280} = 0,7068$$

$$\text{Kondisi perkerasan Baik} \rightarrow \text{Sedang} = \frac{3600}{12280} = 0,2932$$

$$\text{Kondisi perkerasan Baik} \rightarrow \text{Rusak Ringan} = \frac{0}{12280} = 0,000$$

$$\text{Kondisi perkerasan Baik} \rightarrow \text{Rusak Berat} = \frac{0}{12280} = 0,000$$

Perhitungan dengan prinsip yang sama dilakukan untuk perubahan kondisi perkerasan Sedang, Rusak Ringan, dan Rusak berat ke kondisi perkerasan Baik, Sedang, Rusak Ringan, dan Rusak Berat. Sehingga, MPT untuk penanganan Pemeliharaan Rutin dan Pemeliharaan Berkala pada ruas 1 adalah:

$$P = \begin{bmatrix} 0,7068 & 0,2932 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 1,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 1,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 1,0000 \end{bmatrix}$$

Adapun ruas yang mendapat penanganan Rehabilitasi dan Rekonstruksi adalah: (a) Ruas 5, Jln. Marelan (Sp. Kantor - Bts. Deli Serdang) dengan panjang 6.650 meter; (b) Ruas 6, Jl. Seruwai (Akses Kawasan Industri Medan - Deli Serdang) dengan panjang 3.000 meter; (c) Ruas 7, Jln. Marelan (Sp. Jln. Pertempuran - Bts. Medan) dengan panjang 5.400 meter.

MPT untuk penanganan Rehabilitasi dan Rekonstruksi pada ruas 5 adalah sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} 0,4564 & 0,5436 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,3975 & 0,6025 & 0,0000 & 0,0000 \\ 1,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 1,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \end{bmatrix}$$

### C. Prediksi Kondisi Perkerasan Jalan dengan Rantai Markov

Pada penelitian ini, akhir tahun 2020 dijadikan sebagai tahun dasar ( $t = 0$ ). Dari data kondisi jalan tahun 2019 – 2020, distribusi kondisi perkerasan dapat dihitung berdasarkan klasifikasi nilai kondisi yang telah ditentukan. Proporsi distribusi diperoleh dengan cara membandingkan luas segmen jalan yang berada pada kondisi tertentu dengan luas total dari ruas jalan yang ditinjau. Setelah diperoleh nilai distribusi kondisi awal untuk seluruh *state*, selanjutnya vektor kondisi awal ( $\alpha_0$ ) dapat disusun.

Selanjutnya disusun MPT berdasarkan data transisi kondisi jalan dalam satu tahun operasional perkerasan jalan (tahun 2019 – 2020). Kategori yang digunakan adalah dengan penanganan, artinya terdapat tindakan penanganan terhadap kerusakan jalan, sehingga nilai kondisi perkerasan dimungkinkan akan berpindah ke keadaan yang lebih baik atau lebih buruk setelah satu siklus. MPT yang disusun pada kategori ini berisikan nilai probabilitas transisi peningkatan atau penurunan.

Prediksi kondisi perkerasan jalan di masa mendatang menggunakan MPT yang telah disusun di atas, dengan persamaan 3.

$$\alpha_t = \alpha_0 \times P \quad \dots(3)$$

dalam hal ini:

$\alpha_t$  = distribusi kondisi di masa mendatang;

$\alpha_0$  = distribusi kondisi awal;

$P$  = MPT per jenis pemeliharaan.

Untuk Ruas-1: Jl. Sp. A.H. Nasution - Bts. Kota Medan, Ruas-2: Jl. Setia Budi (Sp. Jln. Dr. Mansyur - Sp. Jln. Flamboyan) (Kota Medan), Ruas-3: Jl. Setia Budi (Sp. Jln. Flamboyan - Sp. Jln. Jamin Ginting) (Kota Medan), Ruas-4: Jl. Sp. Ngumban Surbakti - Flamboyan - Sp. Gatot Subroto (Kota Medan) dan Ruas-8: Jl. K. Rahmat Buddin – Bts. Kab. Deli Serdang, hasil prediksi kondisi perkerasan jalan dipresentasikan dalam grafik batang yang terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik prediksi kondisi perkerasan untuk jalan tahun 2021 – 2025 untuk (a) Ruas-1: Jl. Sp. A.H. Nasution - Bts. Kota Medan, (b) Ruas-2: Jl. Setia Budi (Sp. Jln. Dr. Mansyur - Sp. Jln. Flamboyan) (Kota Medan), (c) Ruas-3: Jl. Setia Budi (Sp. Jln. Flamboyan - Sp. Jln. Jamin Ginting) (Kota Medan), (d) Ruas-4: Jl. Sp. Ngumban Surbakti - Flamboyan - Sp. Gatot Subroto (Kota Medan), dan (e) Ruas-8: Jl. K. Rahmat Buddin – Bts. Kab. Deli Serdang

Untuk Ruas-5: Jln. Marelan (Sp. Kantor - Bts. Deli Serdang), Ruas-6: Jl. Seruwai (Akses Kawasan Industri Medan - Deli Serdang), dan Ruas-7: Jl. Marelan (Sp. Jln. Pertempuran - Bts.

Medan), data hasil prediksi kondisi perkerasan jalan dipresentasikan dalam grafik batang seperti terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 4** Grafik prediksi kondisi perkerasan untuk jalan tahun 2021 – 2025 untuk (a) Ruas-5: Jln. Marelان (Sp. Kantor - Bts. Deli Serdang), (b) Ruas-6: Jl. Seruwai (Akses Kawasan Industri Medan - Deli Serdang), dan (c) Ruas-7: Jl. Marelان (Sp. Jln. Pertempuran – Bts. Medan)

Secara kumulatif, untuk keseluruhan sebanyak 8 ruas jalan, pola penanganan jalan dalam periode lima tahun (2021 – 2025) yang dihasilkan berdasarkan prediksi model Rantai Markov, menghasilkan pola yang cenderung konstan dengan sedikit peningkatan di beberapa kondisi

maupun penurunan di kondisi lainnya. Jenis program penanganan terus bergeser dari pekerjaan berat menuju pekerjaan ringan. Hal ini disebabkan oleh adanya tindakan penanganan yang konstan dilakukan setiap tahunnya.

Rekapitulasi hasil prediksi kondisi perkerasan untuk seluruh jaringan jalan sesuai dengan simulasi program penanganan jalan selama lima tahun (2021 – 2025), diperlihatkan pada Tabel 3 dan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 5.

**Tabel 3**  
**Prediksi kondisi perkerasan jalan 8 ruas jalan di Kota Medan dari Tahun 2020 sampai 2025 menggunakan model Rantai Markov**

Tingkat Kondisi	2020		2021		2022		2023		2024		2025	
	M	%	M	%	M	%	M	%	M	%	M	%
Baik (B)	13950	37.15%	17089.35	45.51%	14452.22	38.49%	14679.20	39.09%	14395.02	38.34%	14342.24	38.20%
Sedang (S)	20200	53.79%	20068.08	53.44%	22705.22	60.47%	22478.24	59.86%	22762.41	60.62%	22815.19	60.76%
Rusak Ringan (RR)	1200	3.20%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Rusak Berat (RB)	2200	5.86%	392.57	1.05%	392.57	1.05%	392.57	1.05%	392.57	1.05%	392.57	1.05%

(Sumber: Penulis, 2022)

Tabel 3 menunjukkan bahwa dengan konsistennya penanganan yang dilakukan pada masing-masing ruas jalan provinsi di Kota Medan, pemodelan untuk jangka waktu 5 (lima) tahun menghasilkan kenaikan kondisi jalan cenderung konstan. Nilai pada kolom M memperlihatkan total panjang jalan pada masing-masing kondisi dalam satuan meter dengan persentase panjang diperlihatkan pada kolom % (persen).



**Gambar 5** Prediksi kondisi perkerasan jalan 8 ruas jalan di Kota Medan dari tahun 2021 sampai 2025

Grafik pada Gambar 5 membuktikan bahwa simulasi dalam program penanganan jalan untuk jangka waktu 5 (lima) tahun menghasilkan kondisi Mantap (B+S) sebesar 98,96%, sedangkan kondisi Tidak Mantap (RR+RB) terus mengalami penurunan sampai dengan 1,05%. Hal ini menunjukkan bahwa rencana program penanganan jalan dalam pemodelan ini cukup optimal, dimana pemodelan dilakukan dengan adanya tindakan penanganan untuk seluruh ruas jalan yang dilakukan setiap tahun dengan konsisten (Resdiawan, 2015). Penundaan tindakan penanganan jalan baik penanganan rutin, berkala maupun rehabilitasi/rekonstruksi terhadap kerusakan jalan akan memberikan hasil yang kurang baik dari segi nilai kondisi perkerasan jalan dan nantinya akan membutuhkan biaya yang besar dalam penanganannya.

#### D. Validasi Prediksi Rantai Markov dengan SDI Tahun 2021

Validasi data prediksi kondisi jalan dengan model rantai Markov dengan dari hasil survei SDI di tahun 2021 untuk 8 ruas jalan di Kota Medan dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana kecocokan dengan hasil survei SDI untuk persentase kondisi jalan Baik (B), Sedang (S), Rusak Ringan (RR), dan Rusak Berat (RB) pada masing-masing ruas jalan.

Dari pemodelan Rantai Markov yang telah dilakukan, selanjutnya akan dilakukan perhitungan keakuratan data hasil survei kondisi tahun 2021 terhadap hasil prediksi rantai Markov tahun 2021 dengan adanya tindakan penangan dan perhitungan keakuratan antara hasil survei kondisi tahun 2021 terhadap hasil prediksi rantai Markov setelah dilakukan penyesuaian (penundaan tindakan penanganan pada ruas 6 dan ruas 7. Perhitungan keakuratan hasil prediksi ini akan dilakukan dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan persamaan 4.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\%$$

...(4)

di mana:

$n$  adalah ukuran sampel

$A_i$  adalah nilai data aktual

$F_i$  adalah nilai data prediksi

Perhitungan keakuratan akan dilakukan terhadap hasil prediksi kondisi jalan model Rantai Markov pada tahun 2021 dengan data aktual kondisi jalan hasil survei SDI tahun 2021. Perhitungan MAPE diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan nilai MAPE untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil prediksi model Rantai Markov pada tahun 2021. Diketahui bahwa tingkat keakuratan hasil prediksi model Rantai Markov memberikan hasil prediksi layak (cukup baik) dengan nilai MAPE 24.70%. Maka, dari nilai validasi yang ditunjukkan dapat dikatakan bahwa bahwa model tersebut dapat digunakan untuk

memprediksi kondisi mendatang dari setiap ruas perkerasan dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Hal yang sama juga telah ditemukan oleh Susantio (2015) dalam memprediksi kondisi penampang perkerasan di masa mendatang berdasarkan model rantai Markov dan indeks kekasaran internasional (IRI). Dengan cara yang sama, ditemukan bahwa 90% hasil prediksi sesuai dengan kondisi jalan yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa model tersebut dapat digunakan untuk memprediksi kondisi mendatang dari setiap ruas perkerasan dengan tingkat akurasi yang sangat baik. Dengan hasil pemodelan ini, hal ini dapat membantu para pengambil keputusan untuk memprediksi kondisi perkerasan, mengurutkannya, dan mempersiapkan kebutuhan pemeliharaan dan rehabilitasi pada waktu yang sesuai.

Adapun perbedaan nilai prediksi masih tetap ada disebabkan karena variabel-variabel lain yang mempengaruhi kondisi jalan seperti perubahan sistem drainase dan volume lalu lintas tidak diperhitungkan dalam pemodelan ini (SARI, 2021). Selain itu, pemodelan dengan Rantai Markov juga dapat memberikan hasil prediksi yang berbeda yang disebabkan karena data yang terbatas dalam satu siklus penanganan jalan (Broto, 2020). Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Arimbi, 2015) dalam memprediksi kondisi perkerasan jalan dengan menggunakan Rantai Markov, yang menyatakan bahwa keterbatasan data dalam satu siklus kerusakan mengakibatkan sulit untuk sepenuhnya memisahkan pengaruh kinerja pemeliharaan. Hal ini menjadi salah satu penyebab hasil prediksi kondisi jalan masih mengandung beberapa bias.

**Tabel 4**  
**Perhitungan MAPE hasil prediksi**

Nama Ruas	Kondisi	Kondisi	Hasil	Hasil	Prediksi	Persentase
		Survey SDI 2021	Rantai	Rantai	Markov	Kesalahan
			2021	2021		Absolut
JL. SP. A.H. NASUTION - BTS. (KOTA MEDAN)	B (%)	27.89		30.56		9.56
	S (%)	72.11		69.45		3.70
	RR (%)	0.00		0.00		0.00
	RB (%)	0.00		0.00		0.00
JL. SETIA BUDI (SP. JLN. DR. MANSYUR -SP. JLN. FLAMBOYAN) (KOTA MEDAN)	B (%)	73.68		79.71		8.18
	S (%)	26.32		20.29		22.89
	RR (%)	0.00		0.00		0.00
	RB (%)	0.00		0.00		0.00
JL. SETIA BUDI (SP. JLN. FLAMBOYAN - SP. JLN. JAMIN GINTING) (KOTA MEDAN)	B (%)	21.74		13.25		39.05
	S (%)	78.26		86.75		10.85
	RR (%)	0.00		0.00		0.00

	RB (%)	0.00	0.00	0.00
JL. SP NGUMBAN SURBAKTI - FLAMBOYAN – SP GATOT SUBROTO (KOTA MEDAN)	B (%)	32.21	34.30	6.47
	S (%)	65.90	63.82	3.16
	RR (%)	1.89	0.00	100.00
	RB (%)	0.00	1.89	0.00
JL. MARELAN (SP KANTOR – BTS D SERDANG)	B (%)	52.45	48.79	6.97
	S (%)	41.57	51.21	23.18
	RR (%)	2.99	0.00	100.00
	RB (%)	2.99	0.00	100.00
JL. SERUWAI (AKSES KAWASAN INDUSTRI MEDAN - DELI SERDANG)	B (%)	16.00	22.17	38.57
	S (%)	48.00	37.83	21.19
	RR (%)	8.00	8.00	0.00
	RB (%)	28.00	32.00	14.29
JL. MARELAN (SP. JLN. PERTEMPURAN - BTS.MEDAN)	B (%)	9.72	33.50	110.04
	S (%)	63.45	38.39	39.50
	RR (%)	19.07	20.35	6.72
	RB (%)	7.76	7.76	0.00
JL. K. RAHMAT BUDDIN - BATAS KAB. DELI SERDANG	B (%)	20.00	39.88	99.38
	S (%)	74.29	54.41	26.76
	RR (%)	0.00	0.00	0.00
	RB (%)	5.71	5.71	0.00
			<b>MAPE</b>	<b>24.70</b>

## KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisis yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa perbandingan prediksi Markov dan hasil SDI untuk luas kondisi jalan yang melibatkan tindakan pemeliharaan adalah cukup baik. Meskipun ada perbedaan/penyimpangan luas, namun kedua hasil sama-sama memprediksi bahwa tindakan penanganan yang diperlukan adalah pemeliharaan rutin pada ruas 1, 2, 3, 4, dan 8 serta rehabilitasi/rekonstruksi pada ruas 5, 6, dan 7. Tingkat keakuratan hasil prediksi model Rantai Markov di tahun 2021 memberikan hasil prediksi yang layak (cukup baik) dengan nilai MAPE sebesar 24.70%.

## BIBLIOGRAFI

---

- Abaza, K. A., & Ashur, S. A. (1998). Optimum decision policy for management of pavement maintenance and rehabilitation. *Transportation Research Record*, 1655, 8–15. <https://doi.org/10.3141/1655-02>
- Abaza, K. A., Ashur, S. A., & Al-Khatib, I. A. (2004). Integrated pavement management system with a Markovian prediction model. *Journal of Transportation Engineering*, 130(1), 24–33. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2004\)130:1\(24\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2004)130:1(24))
- Arimbi, G. (2015). *Network-Level Pavement Performance Prediction Modelling with Markov Chains (Predicting the Condition of Road Network For Rijkswaterstaat)*. 103.
- Broto, A. B. (2020). *Model Prediksi Kesehatan Struktur Jembatan Berbasis Jaringan Bayesian*.
- Cahyaningrum, E. K., & Nugroho, A. S. B. (2014). *Pemodelan estimasi kerusakan perkerasan jalan (studi kasus ruas jalan nasional di wilayah kerja PPK 3, Satker PJN Wilayah Provinsi DIY)*. Universitas Gadjah Mada.
- Hutauruk, A. G., INFRASTRUKTUR, B. K. M. A., & HUTAURUK, A. G. (2015). Analisis Prediksi Kondisi Perkerasan Jalan Menggunakan Pendekatan HDM-4 Untuk Penanganan Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Nasional Bts. Kota Gresik-Sadang). *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*.
- Juliansyah, R., & Rahmi, Y. (2021). Analisa Faktor Kerusakan Ruas Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Beutong Ateuh-Takengon Kab. Nagan Raya. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(2), 948–956.
- Mahani, S. A. E. (2019). *Modul studi kelayakan bisnis*. Program Studi Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Islam Bandung.
- Nugrahayu, E. R., & Retnani, E. D. (2015). Penerapan Metode Balanced Scorecard Sebagai Tolok Ukur Pengukuran Kinerja Perusahaan. *Jurnal Ilmu Dan Riset Akuntansi (JIRA)*, 4(10).
- Resdiawan, W. (2015). Model Penentuan Prioritas Penanganan Jalan Kabupaten Berdasarkan Analisis Hirarki Proses. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 1(2), 44–54.
- Rifai, A. I. (2021). *Manajemen Perkerasan: Implementasi Data Mining & Artificial Intelligence*. Nas Media Pustaka.
- SARI, A. N. (2021). *Model Prediksi Kondisi Perkerasan Jalan Dengan Metode Dynamic Bayesian Network (Studi Kasus Ruas Jalan Batas Kota Caruban–Batas Kabupaten Nganjuk)*.

Edison Pardamean Togatorop, Ahmad Perwira Mulia Tarigan, Emma Patricia Bangun

Sazali, A., Setiadji, B. H., & Haryadi, B. (2019). Aplikasi Model Rantai Markov Dalam Pengelolaan Jalan Di Kabupaten Bangka Barat. *Rekayasa*, 12(2), 141–150.

Surendrakumar, K., Prashant, N., & Mayuresh, P. (2013). Application Of Markovian Probabilistic Process To Develop A Decision Support System For Pavement Maintenance Management. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 2(8), 295–303.

Susantio, L. (2015). Pemilihan Metode Penilaian Kondisi Jalan Yang Mendekati Perkiraan Kondisi Jalan Saat Pemeliharaan. *Surabaya: ITS*.

---

**Copyright holder:**

Edison Pardamean Togatorop, Ahmad Perwira Mulia Tarigan, Emma Patricia Bangun (2023)

**First publication right:**

[Jurnal Syntax Admiration](#)

**This article is licensed under:**

