

## PREDIKSI SISA UMUR PERKERASAN JALAN LENTUR DI RUAS JALAN DR. J. LEIMENA KOTA AMBON

Ivone Ester Letlora<sup>1</sup>, Vera Th. C. Siahaya<sup>2</sup>, Hendrie Tahya<sup>3</sup>  
[ivoneletlora842@gmail.com](mailto:ivoneletlora842@gmail.com)<sup>1</sup>, [verasiahya6@gmail.com](mailto:verasiahya6@gmail.com)<sup>2</sup>, [htendrie@gmail.com](mailto:htendrie@gmail.com)<sup>3</sup>  
Politeknik Negeri Ambon

### ABSTRAK

Ruas Jalan Dr. J. Leimena yang berada pada kawasan Teluk Ambon, Kota Ambon merupakan bagian dari akses Jembatan Merah Putih (JMP). Sebagai jalan nasional yang menjadi penghubung berbagai tempat, jalan ini selalu ramai dilintasi oleh banyak kendaraan. Secara visual kondisi permukaannya dapat dikatakan baik. Tetapi seiring berjalannya waktu mengalami penurunan kualitas atau kinerja jalan baik secara fungsional maupun struktural. Di beberapa titik pun ditemukan kerusakan berupa pelepasan butir, retak, dan lubang. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kondisi fungsional jalan, menganalisis respon tegangan dan regangan serta memprediksi sisa umur rencana pada ruas jalan tersebut. Metode International Roughness Index (IRI) digunakan untuk mengukur ketidakrataaan permukaan jalan dengan jumlah perubahan vertikal untuk setiap satuan panjang jalan (m/km) dengan aplikasi Road Roid. Metode mekanistik-empirik software Kenpave untuk menganalisis dan menghitung respon tegangan dan regangan. Sedangkan untuk sisa umur perkerasan dihitung menggunakan metode AASTHO (1993). Hasil penelitian diperoleh dari kondisi fungsional adalah nilai IRI sebesar 4,10 m/km artinya bahwa kondisi fungsional ruas Jalan Dr. J. Leimena memiliki kondisi jalan sedang. Untuk nilai respon tegangan dan regangan dengan Kenpave menunjukkan kerusakan fatigue cracking memiliki kerusakan sebesar 177.488.264 ESAL, kerusakan rutting 71.047.237 ESAL, dan kerusakan deformation sebesar 61.463.138 ESAL. Sisa umur layan perkerasan akibat rutting tersisa sebesar 10,03% pada tahun ke-20, akibat deformation sebesar 22,17%, pada tahun ke-20 fatigue cracking juga tersisa umur layanan sebesar 68,84% sampai tahun ke-20.

**Kata Kunci:** Kondisi Fungsional, Kenpave, Sisa Umur.

### ABSTRACT

*Dr. J. Leimena road section which is in the Ambon Bay area, Ambon City is part of the Red and White Bridge (JMP) access. As a national road that connects various places, this road is always busy with many vehicles. Visually, the surface condition can be said to be good. However, over time, the quality or performance of the road has decreased, both functionally and structurally. At several points, damage was found in the form of grain release, cracks and holes. This research aims to identify the functional condition of the road, analyze the stress and strain response and predict the remaining planned life of the road section. The International Roughness Index (IRI) method is used to measure the unevenness of the road surface by the amount of vertical change for each unit of road length (m/km) with the Road Roid application. Kenpave software mechanistic-empirical method for analyzing and calculating stress and strain responses. Meanwhile, the remaining life of the pavement is calculated using the AASTHO (1993) method. The research results obtained from the functional condition were an IRI value of 4.10 m/km, meaning that the functional condition of the Jalan Dr. J. Leimena has moderate road conditions. The stress and strain response values using Kenpave show that fatigue cracking damage is 177,488,264 ESAL, rutting damage is 71,047,237 ESAL, and deformation damage is 61,463,138 ESAL. The remaining service life of the pavement due to rutting is 10.03% in the 20th year, due to deformation it is 22.17%, in the 20th year fatigue cracking also has a remaining service life of 68.84% until the 20th year.*

**Keywords:** Functional Condition, Kenpave, Remaining Life.

### PENDAHULUAN

Kinerja jalan merupakan kemampuan perkerasan untuk melayani beban lalu lintas dalam waktu yang direncanakan. Kinerja jalan dikatakan baik apabila kondisi fungsional

dan kondisi struktural dalam keadaan baik.

Ruas jalan Dr. J. Leimena Kecamatan Teluk Ambon Kota Ambon adalah salah satu jalur utama yang menghubungkan ke beberapa tempat lainnya, seperti ke pusat kota, pusat pendidikan, wisata kuliner bahkan juga ke bandara. Jalan ini ramai dilintasi oleh banyak kendaraan mulai dari kendaraan bermotor sampai kendaraan berat. Seiring berjalannya waktu ruas jalan Dr. J. Leimena mengalami penurunan kualitas atau kinerja jalan baik secara fungsional maupun struktural. Di beberapa titik pun telah mengalami kerusakan sebelum masa layan jalan habis, seperti ditemukan kerusakan berupa pelepasan butir, retak, dan lubang.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kondisi fungsional jalan menggunakan metode International Roughness Index (IRI), menganalisis respon tegangan dan regangan akibat beban lalu lintas dan memprediksi sisa umur perkerasan dengan metode mekanistik-empirik software Kenpave.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis Data**

1. Data Primer
  - a. Data panjang dan lebar jalan
  - b. Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR)
  - c. Nilai IRI
2. Data Sekunder
  - a. Peta lokasi penelitian
  - b. Data CBR
  - c. Metode mekanistik-empirik dengan software Kenpave

### **Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dengan menggunakan teknik observasi yaitu survei lalu lintas secara langsung selama 3 hari dengan rentan waktu 12 jam pada ke 4 titik pos. Kemudian teknik kepustakaan yaitu mengumpulkan Jurnal, Skripsi, Tesis, Buku dan Peraturan – peraturan yang terkait kondisi fungsional jalan dan sisa umur rencana perkerasan jalan lentur.

### **Sumber Data**

1. Data Primer
  - a. Data panjang dan lebar jalan
  - b. Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR), diambil langsung dari lokasi survei pada ruas Jalan Dr. J. Leimena.
  - c. Nilai IRI, yang diperoleh dengan menggunakan aplikasi Road Roid.
2. Data Sekunder
  - a. Peta lokasi penelitian
  - b. Data CBR, yang diperoleh dari PPK BPJN Maluku
  - c. Metode mekanistik -empirik dengan software Kenpave

### **Metode Analisis**

1. Metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi nilai kondisi fungsional adalah metode IRI dengan aplikasi Road Roid
2. Analisis respon tegangan dan perhitungan sisa umur perkerasan dengan metode mekanistik-empirik software Kenpave

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Data

#### 1. Kondisi ruas jalan Dr. J. Leimena

Kondisi ruas jalan ini memiliki tipe perkerasan lentur dengan panjang 800 meter dan lebar 7 meter pada masing-masing jalur.

Di beberapa titik ruas jalan ini terdapat kerusakan seperti pada STA 0+050 – STA 0+150 kerusakan pelepasan butir, kemudian pada STA 0+250 – STA 0+300 terdapat kerusakan retak kulit buaya dan STA 0+600 – STA 0+700 terdapat kerusakan berlubang.

#### 2. Data lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Berdasarkan hasil survei lalu lintas yang dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Senin, Rabu dan Sabtu dari pukul 06.00 WIT – 18.00 WIT pada ke 4 titik pos survei maka di dapatkan data nilai LHR yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi LHR Jalan Dr. J. Leimena

Hari survei	LHR (smp) Menurut Jenis Kendaraan		
	Kendaraan bermotor	Kendaraan ringan	Kendaraan berat
Senin TS 1	12.565	6.498	540
Senin TS 2	12.494	6.464	532
Senin TS 3	12.653	6.052	493
Senin TS 4	12.717	5.991	518
Rabu TS 1	11.962	5.778	421
Rabu TS 2	11.951	5.734	415
Rabu TS 3	12.368	5.642	386
Rabu TS 4	12.423	5.684	407
Sabtu TS 1	8.825	5.16	249
Sabtu TS 2	8.769	5.125	236
Sabtu TS 3	10.424	5.272	268
Sabtu TS 4	10.505	5.317	289
<b>Jumlah</b>	<b>137.656</b>	<b>68.717</b>	<b>4.754</b>

Sumber : Letlora, 2024

#### 3. Data nilai CBR

Hasil perhitungan nilai CBR desain yang digunakan adalah 17,7%.

#### 4. Perhitungan tebal erkerasan

Perhitungan lapisan perkerasan yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Direktorat Jenderal Bina Marga 2024.

##### a. Menentukan umur rencana

Jalan Dr. J. Leimena dibangun pada tahun 2010 dan memiliki umur rencana 20 tahun. Umur rencana ini didasarkan pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.

##### b. Volume Lalu Lintas

Karena lalu lintas jalan umumnya bertambah dari tahun ke tahun. Sebagai contoh, dihitung LHR 2025 kendaraan berat (LV), diperlukan estimasi volume lalu lintas sesuai dengan umur perencanaan dengan menggunakan rumus berikut.

$$LHRT = LHR_0 (1 + i)^n$$

$$LHR_{2025} = 4.754 (1 + 4,75\%)^1$$

$$LHR_{2025} = 4.982$$

Rekapitulasi volume lalu lintas 2024 – 2025 dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi volume lalu lintas

Tahun	LHR Menurut Jenis Kendaraan		
	MC (Sepeda Motor)	LV (Kendaraan Pribadi, Umum, Pick Up/Box, Bus Mini)	MC (Bus Besar, Truk 2 Sumbu)
2024	137.656	68.717	4.754
2025	144.194	71.981	4.982
2026	151.043	75.400	5.219
2027	158.218	78.981	5.467
2028	165.733	82.733	5.727
2029	173.606	86.663	5.999
2030	181.852	90.779	6.284

Sumber : Letlora, 2024

c. Faktor pertumbuhan lalu lintas

Ruas Jalan Dr. J. Leimena, yang termasuk dalam kelas arteri dan perkotaan daerah rata-rata Indonesia, memiliki nilai laju pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,75% selama umur rencana. Faktor pertumbuhan lalu lintas dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i}$$

$$= \frac{(1 + 0,01 \times 4,75\%)^{20} - 1}{0,01 \times 4,75\%}$$

$$= 20,09$$

d. Faktor distribusi arah dan lajur

Karena ruas jalan ini memiliki dua lajur untuk setiap arah, faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL) pada ruas jalan ini adalah 0,80 atau 80% dan faktor distribusi arah (DD) biasanya diambil 0,50.

e. Faktor ekivalen beban

Penggunaan faktor ekivalen beban (Vehicle Damage Factor) mengacu pada tabel 2.8 yaitu dengan nilai VDF beban aktual dan beban normal untuk Provinsi Maluku. Perencanaan ini menggunakan beban normal VDF5 pada kendaraan roda enam yaitu pada golongan 6B dengan nilai 3,0.

Penelitian ini menggunakan VDF5 untuk menghitung nilai CESAL5 yang nantinya akan digunakan untuk menentukan tebal perkerasan lentur.

f. Perhitungan Beban sunbu standar kumulatif.

Nilai CESAL dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut dengan nilai VDF masing – masing dan sebagai contoh diambil kendaraan berat (LV).

$$CESAL5 = (\sum LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$= (4754 \times 3,0) \times 365 \times 0,50 \times 0,80 \times 20,09$$

$$= 41.832.442,68$$

Perhitungan keseluruhan nilai CESAL5 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Nilai CESAL5

No	Jenis Kendaraan	LHR	VDF5	DD	DL	R	ESA5	
1	Sepeda Motor	MC	137.656	-	0,50	0,80	20,09	0
2	Kendaraan Prabedi	LV						
3	Kendaraan Umum	LV	68.717	-	0,50	0,80	20,09	0
4	Bus Mini	LV						
5	Pick Up/Box	LV						
6	Bus Besar	HV	4.754	3,0	0,50	0,80	20,09	41.832.442,68
7	Truk 2 Sumbu	HV	0	0	0,50	0,80	20,09	0
8	Truk 3 Sumbu	HV	0	0	0,50	0,80	20,09	0
9	Truk Gendang	HV	0	0	0,50	0,80	20,09	0
10	Truk Treonton	HV	0	0	0,50	0,80	20,09	0
Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) 2024								41.832.442,68

Sumber: Letlora, 2024

Dari hasil perhitungan tabel 3 diperoleh nilai CESAL5 sebesar 41.832.442,68. Rekapitulasi rencana jumlah kendaraan setiap tahun dari tahun 2024 sampai 2030 dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi CESAL5 2024 – 2025

Tahun	CESAL <sub>5</sub>
2024	41.832.442,68
2025	43.838.710,40
2026	45.924.173,00
2027	48.106.429,10
2028	50.394.278,30
2029	52.787.720,60
2030	55.295.555,30

Sumber: Letlora, 2024

## 5. Pemilihan tebal perkerasan

Salah satu parameter dalam analisis nilai tegangan dan regangan adalah tebal pekerasan. Berdasarkan hasil perhitungan diatas diperoleh nilai CESAL5 sebesar 41.848.840,94 CESAL5 dan umur rencana 20 tahun maka, dapat dilihat pada tabel penentuan bagan desain-3B (1) perkerasan lentur – aspal dengan lapis fondasi bebutir.

Dari tabel struktur perkerasan FFF7 dengan komulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana > 30 - 50 juta, maka didapat ketebalan lapisan perkerasan yang akan digunakan pada perencanaan ruas Jalan Dr. J. Leimena sebagai berikut:

AC-WC	= 40 mm
AC-BC	= 60 mm
AC Base	= 175 mm
LPA Kelas A	= 300 mm

### Analisis Nilai Kondisi Fungsional Jalan Berdasarkan International Roughness Index (IRI)

Dari hasil survei secara langsung dengan kendaarn mobil dan smarthphone menggunakan aplikasi Road Roid. Maka nilai fungsional metode IRI ruas jalan Dr. J. Leimena adalah 4,10 m/km yang dimana jalan kondisi jalan ini termasuk pada kondisi jalan Sedang.

Hasil survei menggunakan aplikasi Road Roid dapat dilihat pada tabel 5 dan pada gambar 1.

Tabel 5. Penilaian IRI Dengan Road Roid

Distance m	Speed (Km/h)	eIRI (m/km)	Kondisi	cIRI (m/km)
50	20.00	4.98	Sedang	1.99
100	20.80	4.87	Sedang	1.97
150	20.30	5.22	Sedang	2.16
200	20.85	5.00	Sedang	1.57
250	20.10	9.84	Rusak ringan	1.23
300	20.80	1.99	Baik	3.34
350	20.85	2.31	Baik	1.62
400	20.40	3.32	Baik	1.71
450	20.50	2.29	Baik	0.79
500	20.60	4.88	Sedang	1.28
550	20.95	4.99	Sedang	2.25
600	20.95	2.39	Baik	1.85
650	30.05	3.86	Baik	2.05
700	30.10	4.97	Sedang	2.00
750	30.00	2.34	Baik	1.52
800	30.10	2.35	Baik	1.43
Rata-rata				4.10

Sumber : Letlora, 2024

Gambar 1. Grafik Nilai IRI Dengan Road Roid



Sumber: Letlora, 2024

## Analisis Nilai Tegangan dan Regangan Dengan Software Kenpave

### 1. Parameter bahan perkerasan

Data parameter bahan perkerasan lentur yang digunakan dalam analisis mekanistik empiris sebagai data inputan yang juga merupakan hasil dari desain perkerasan lentur menggunakan MDPJ 2024 sebelumnya ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Input parameter bahan

Lapis Perkerasan	Tebalperkerasan Lentur	Modulus Elastisitas, E	Poisson Ratio
AC-WC	4	1100000	0,4
AC-BC	6	1200000	0,4
AC Base	17,5	1600000	0,4
LPA Kelas A	30	1600000	0,4
Subgrade	$\infty$	177000	0,45

Sumber: Letlora, 2024

## 2. Hasil analisis software Kenpave bagian kenlayer

Tabel 7 menunjukkan output pengulangan beban untuk setiap lapisan perkerasan menggunakan Kenlayer, yang menunjukkan nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada perkerasan lentur jalan.

Tabel 7. Nilai Horizontal dan Vertical Strain

No Koordinat	Horizontal Strain pada kedalaman 27,49cm	Vertical Strain pada kedalaman 27,49 cm	Vertical Strain pada kedalaman 57,51 cm
1	$1,762 \times 10^{-4}$	$1,821 \times 10^{-4}$	$1,652 \times 10^{-4}$
2	$1,839 \times 10^{-4}$	$1,654 \times 10^{-4}$	$1,881 \times 10^{-4}$
3	$1,659 \times 10^{-4}$	$1,503 \times 10^{-4}$	$1,765 \times 10^{-4}$
Nilai Maksimum	$1,839 \times 10^{-4}$	$1,821 \times 10^{-4}$	$1,881 \times 10^{-4}$

Sumber : Letlora, 2024

Setelah mengetahui nilai tegangan dan regangan, analisis untuk kerusakan fatigue cracking, rutting, dan permanent deformation dilakukan. Jumlah repetisi beban dihitung dengan analisis ini. Nilai Nf, Nr, dan Nd dapat dilihat dalam perhitungan berikut:

### a. Jumlah repetisi beban berdasarkan kerusakan fatigue cracking

$$\begin{aligned} N_f &= 0,0796 (\epsilon t)^{-3,921} |E|^{-0,854} \\ &= 0,0796 (1,839 \times 10^{-4})^{-3,921} |1600000|^{-0,854} \\ &= 177.488.264 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

### b. Jumlah repetisi beban berdasarkan kerusakan rutting

$$\begin{aligned} N_d &= 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,47} \\ &= 1,365 \times 10^{-9} (1,821 \times 10^{-4})^{-4,47} \\ &= 71.047.237 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

### c. Jumlah repetisi beban berdasarkan kerusakan deformation

$$\begin{aligned} N_d &= 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,47} \\ &= 1,365 \times 10^{-9} (1,881 \times 10^{-4})^{-4,47} \\ &= 61.463.138 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

## Analisis Prediksi Sisa Umur Perkerasan (Remaining Life)

Persamaan 4 digunakan untuk menghitung sisa umur layan perkerasan Jalan Dr. J. Leiemna. 1 satuan dikurangi jumlah lalu lintas prediksi tahunan untuk perkerasan berbanding dengan jumlah lalu lintas saat mencapai batas fatigue cracking, rutting, dan permanent deformation dihitung sebagai sisa umur layanan. Selisih antara nilai-nilai tersebut adalah sisa umur layanan perkerasan, yang diwakili dalam persentase. Perhitungan untuk sisa umur layan perkerasan adalah sebagai berikut:

### 1. Sisa umur layan perkerasan akibat fatigue cracking.

$$\begin{aligned} RL &= 100 \times \left[ 1 - \left( \frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right] \\ &= 100 \times \left[ 1 - \left( \frac{41.832.442}{177.488.264} \right) \right] \\ &= 76,43\% \end{aligned}$$

### 2. Sisa umur layan perkerasan akibat rutting.

$$\begin{aligned} RL &= 100 \times \left[ 1 - \left( \frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right] \\ &= 100 \times \left[ 1 - \left( \frac{41.832.442}{71.047.237} \right) \right] \\ &= 41,12\% \end{aligned}$$

3. Sisa umur layan perkerasan akibat permanent deformation.

$$\begin{aligned}
 RL &= 100 \times \left[ 1 - \left( \frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right] \\
 &= 100 \times \left[ 1 - \left( \frac{41.832.442}{61.463.138} \right) \right] \\
 &= 31,93\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan sisa umur layan perkerasan dari tahun 2024 sampai tahun 2030 dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan Sisa Umur

Tahun ke	N <sub>p</sub> (ESAL)	N15			Sisa Umur Layanan		
		Fatigue Cracking	Rutting	Deformation	Fatigue (%)	Rutting (%)	Deformation (%)
14 (2024)	41.832.442	177.488.264	71.047.327	61.463.138	76,43	41,12	31,93
15 (2025)	43.838.710				75,30	38,29	28,67
16 (2026)	45.924.173				74,12	35,36	25,28
17 (2027)	48.106.429				72,89	32,28	21,73
18 (2028)	50.394.278				71,48	29,06	18,00
19 (2029)	52.787.720				70,25	25,70	14,11
20 (2030)	55.295.555				68,84	22,17	10,03

Sumber: Letlora, 2024

## KESIMPULAN

- Dengan menggunakan aplikasi Road Roid, identifikasi nilai kondisi fungsional adalah 4,10 m/km. Dengan penilaian IRI, kondisi jalan Dr. J. Leimena termasuk dalam kondisi jalan Sedang dengan tingkat kemantapan jalan Mantap.
- Nilai respon tegangan dan regangan yang terjadi akibat beban lalu lintas dengan menggunakan metode mekanistik-empirik software Kenpave sebagai berikut:
  - Nilai tegangan terjadi pada vertical strain kedalaman 57,51 cm untuk kerusakan deformation sebesar  $1,881 \times 10^{-4}$  dengan nilai repetisi beban sebesar 61.463.138 ESAL.
  - Nilai tegangan terjadi pada vertical strain kedalaman 27,49 cm untuk kerusakan rutting sebesar  $1,821 \times 10^{-4}$  dengan nilai repetisi beban sebesar 71.047.237 ESAL.
  - Nilai regangan terjadi pada horizontal strain pada kedalaman 27,49 cm untuk kerusakan fatigue cracking sebesar  $1,839 \times 10^{-4}$  dengan nilai repetisi beban 177.488.264 ESAL.
- Sisa umur perkerasan ruas Jalan Dr. J. Leimena dari STA 0+00 - STA 0+800 sebagai berikut:
  - Sisa umur perkerasan akibat rutting sebesar 10,03% pada tahun ke-20.
  - Sisa umur perkerasan akibat deformation sebesar 22,17% pada tahun ke-20.
  - Sisa umur perkerasan akibat fatigue cracking sebesar 68,84% pada tahun ke-20.

## Saran

Pengamatan atau survei lalu lintas lebih baik dilakukan saat cuaca cerah atau kondisi cuaca yang baik. Diharapkan penelitian selanjutnya mengidentifikasi kebutuhan penangangan dari penilaian kondisi jalan. Untuk memudahkan penelitian selanjutnya tentang pengelolaan kondisi jalan, database jalan harus disimpan dan diperhatikan oleh instansi atau perusahaan terkait.

## DAFTAR PUSTAKA

- AASTHO. (1993). Guide for Design of Pavement Structure. American Association of State Highway and Transportation Official. Washington DC.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2024. Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 03/M/BM/2024 Revisi 2024. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2015. Pemeliharaan Jalan Raya. Edisi-2. Gajah Mada University Press.

- Yogyakarta.
- Hasmar Halim, Ismail Mustari. 2019. Pemanfaatan Aplikasi Roadroid Untuk Survey Kondisi Jalan Di Kota Makassar. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Huang, Y. H.. 2004. Pavement Analysis and Design. Universitas of Kentucy, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.. 2004
- Latarissa. 2022. Analisis Kerusakan Jalan Dan Pengaruhny TerhadapUmur Rencana Serta Penanggulangannya Pada Jalan Halulu Kecamatan Tehoru Maluku Tengah . Politeknik Negeri Ambon.
- Lia, N. 2022. Evaluasi Kinerja Struktur Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Aplikasi Kenpave. 2022.
- R. Venna Ananda Utami. 2022. Evaluasi Kondisi Perkerasan Dan Prediksi Sisa Umur Dengan Metode PCI Dan Metode Mekanistik – Empirik Dengan Program Kenpave Pada Ruas Jalan Bts. Kab. Kampar – Bts. Kota Bangkinang (Sta. 12+000 – Sta. 14+000). Tugas Akhir. Univesitas Islam Indonesia. Jakarta.
- Rendy Dwi Pangesti, Roselina Rahmawati. 2020. Evaluasi Penilaian Jalan Menggunakan Iri Roadroid Diruas Jalan Kabupaten Banyumas Politeknik Negeri Semarang.
- Sugiyanto. 2022. Analisis Kondisi Fungsional Ruas Jalan Jenu-Merakurak Dengan Menggunakan Metode PSI Dan RCI Serta Prediksi Sisa Umur Perkerasan Jalan (Remaining Life). Universitas Sunan Bonang, Tuban, Jawa Timur, Indonesia.
- Widodo, A. D. dan Fauziah, M. 2018. Evaluasi Kondisi Perkerasan dan Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur dengan Metode Pavement Condition Index, Bina Marga dan Metode Mekanistik-Empirik dengan Program KENPAVE. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.