

ANALISA KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR PADA RUAS JALAN RAYA KESAMBEN-SOLOREJO KABUPATEN BLITAR DENGAN METODE *SURFACE DISTRESS INDEX* (SDI)

Jeprianto¹, Eko Noerhayati², Azizah Rokhmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,

e-mail:antojepri531@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,

e-mail:eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,

e-mail:azizah.rachmawati@gmail.com

ABSTRAK

Jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara tanah dasar dan roda kendaraan. Volume lalu lintas yang tinggi secara berulang yang melintasi jalan raya Kesamben-Solorejo menjadi penyebab menurunnya kualitas jalan sehingga terjadi kerusakan. Oleh karena itu, analisa kerusakan perkerasan lentur pada ruas jalan raya Kesamben-Solorejo Kabupaten Blitar ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi untuk dilakukan perbaikan kembali. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kondisi perkerasan jalan raya Kesamben-Solorejo serta menentukan penanganan kerusakan dan mengetahui rencana anggaran biaya (RAB) perbaikan jalan. Penelitian ini menggunakan metode *Surface Distress Index* (SDI). Hasil dari penelitian ini diketahui nilai SDI terendah terdapat pada segmen 13 (STA. 7+100–7+600) nilai SDI 3,5 kondisi jalan baik, nilai SDI tertinggi terdapat pada segmen 19 (STA. 10+100–10+600) Nilai SDI 75 kondisi jalan sedang, Nilai rata-rata SDI adalah 27,35 kondisi jalan baik dan termasuk ke dalam program pemeliharaan rutin. Pengisian Retak (P4), Penambalan Lubang (P5) dan Perataan (P6). Rencana anggaran biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp. 362.200.000.

Kata Kunci: Perkerasan Lentur, *Surface Distress Index* (SDI), RAB

ABSTRACT

The road is a layer of pavement located between the subgrade and the wheels of the vehicle. The high volume of traffic that repeatedly crosses the Kesamben-Solorejo highway is the cause of the decline in road quality resulting in damage. Therefore, the analysis of flexible pavement damage on the Kesamben-Solorejo highway, Blitar Regency is very important to do to find out the type of damage that occurs to be repaired again. This study aims to determine the value of the pavement condition for the Kesamben-Solorejo highway and determine the handling of damage and determine the budget plan (RAB) for road repairs. This study uses the *Surface Distress Index* (SDI) method. The results of this study show that the lowest SDI value is in segment 13 (STA. 7+100–7+600), SDI value is 3.5, road conditions are good, the highest SDI value is in segment 19 (STA. 10+100–10+600) SDI score is 75 moderate road conditions, the average SDI value is 27.35 road conditions are good and are included in the routine maintenance program. Crack Filling (P4), Hole Filling (P5) and Alignment (P6). The required budget plan is Rp. 362.200.000.

Keywords: Flexible Pavement, *Surface Distress Index* (SDI), RAB

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, Jalan akan mengalami penurunan tingkat pelayanan. Ada beberapa faktor yang menjadi penyebab menurunnya kualitas jalan, seperti beban lalu lintas berlebihan (*Overload*), faktor cuaca dan kualitas aspal yang buruk. Kerusakan jalan merupakan salah satu masalah umum yang sering ditemui di Indonesia, jalan yang rusak tentu saja akan mempengaruhi kelancaran mobilitas barang dan jasa. Selain itu, jalan yang rusak juga bisa berdampak pada keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. (Prayugo et al., 2019).

Evaluasi perkerasan terdapat dua macam yang sering digunakan, berupa evaluasi struktural dan fungsional. Untuk mengetahui dampak yang dirasakan oleh pengguna jalan digunakan evaluasi fungsional. Sedangkan untuk mengetahui kemampuan perkerasan dalam mendukung repetisi beban kendaraan digunakan evaluasi struktural.

Menurut statusnya, Jalan raya Kesamben-Solorejo merupakan Jalan Nasional atau Jalan Kelas 1 yang terdiri atas Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan antar Ibukota Kabupaten atau Kota. Ruas jalan raya Kesamben-Solorejo merupakan akses utama yang sering dilalui kendaraan, baik kendaraan umum maupun kendaraan niaga yang berasal dari Kabupaten Blitar maupun dari Kabupaten atau kota lainnya. Terdapat kerusakan di jalan ini seperti retak (*crack*), lubang (*photoles*), kedalaman bekas roda (*rutting*). Oleh karena itu, Untuk dapat menjaga kondisi jalan tetap pada tingkat pelayanan yang diinginkan dibutuhkan metode analisa kerusakan jalan yang tepat.

Rumusan Masalah

Berapa nilai perkerasan jalan raya Kesamben-Solorejo berdasarkan metode SDI., Bagaimana tindakan penanganan kerusakan jalan berdasarkan tingkat dan jenis kerusakan yang terjadi., Berapa rencana anggaran biaya perbaikan jalan yang diperlukan dalam penanganan kerusakan di ruas jalan raya Kesamben-Solorejo.

TINJAUAN PUSTAKA

Umum

Jalan merupakan lapisan perkerasan yang berada antara tanah dasar (*subgrade*) dan roda kendaraan, memiliki fungsi untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, serta selama masa pelayanan diharapkan tidak ada kerusakan yang parah. (Sukirman, 2003)

Metode *Surface Distress Index* (SDI)

Metode *Surface Distress Index* (SDI) merupakan penilaian kondisi jalan berdasar pada survey visual dan bisa dijadikan acuan untuk usaha pemeliharaan. SDI hanya memerlukan empat data yang digunakan sebagai pendukung, berupa: luas total retak, rata-rata lebar retak persegmen, total lubang/km, dan kedalaman bekas roda (*rutting*) (Bina Marga, 2011).

Tahap Analisa Metode *Surface Distress Index* (SDI)

Tahap perhitungan dalam metode *Surface Distress Index* (SDI) ada 4 variabel utama yakni, persentase luas retak (%) persegmen, rata-rata lebar retak (mm) persegmen, total lubang persegmen, dan rata-rata kedalaman bekas roda kendaraan (cm). berikut merupakan tahap perhitungan dengan Metode *Surface Distress Index* (SDI):

Menghitung Nilai SDI1 (Luas Retak)

$$\% \text{Luas Retak persegmen} = L \times (500/B) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

L = Luas total retak /segmen(m²)

B = Lebar jalan/segmen (m)

Nilai persentase retak berdasarkan tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Penilaian Luas Retak

Luas Retak	Nilai
Tidak ada	1
<10%	5
10-30%	20
>30%	40

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2011

Setelah mendapat nilai persentase retak dari tabel 1, selanjutnya merupakan penilaian SDI1.

Tidak ada

Luas retak < 10 %, nilai SDI1 = 5 (2)

Luas retak 10 – 30 %, nilai SDI1 = 20 (3)

Luas retak > 30 %, nilai SDI1 = 40 (4)

Menghitung Nilai SDI2 (Lebar Retak/Segmen)

Setelah mendapatkan nilai SDI1 (Luas Retak), tahap berikutnya ialah penilaian SDI2 (Lebar Retak) berdasarkan tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Rumus Lebar Retak

Lebar Retakan	Rumus
Tidak ada	-
< 1 mm	=SDI1
1 – 3 mm	=SDI1
> 3 mm	SDI1x2

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2011

Setelah mendapat nilai lebar retak dari tabel 2, Kemudian Nilai SDI1 dimasukan dalam perhitungan seperti di bawah ini.

Tidak ada

Lebar retak < 1 mm, nilai SDI2 = SDI1 (5)

Lebar retak 1 – 3 mm, nilai SDI2 = SDI1 (6)

Lebar retak > 3 mm, nilai SDI2 = SDI1 x 2 (7)

Menghitung Nilai SDI3 (Jumlah Lubang/Segmen)

Tahap berikutnya ialah nilai SDI2 dimasukan dalam penilaian SDI3 (Jumlah Lubang/Segmen) berdasarkan pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Rumus Jumlah Lubang

Jumlah lubang	Rumus
Tidak ada	-
< 10/km	SDI2 + 15
10-50/km	SDI2 + 75
>50/km	SDI2 + 225

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2011

Setelah mendapat nilai Jumlah lubang dari tabel 3, Selanjutnya perhitungan nilai SDI3 seperti di bawah ini.

Tidak ada

Jumlah lubang < 10/km, nilai SDI3 = SDI2 + 15 (8)

Jumlah lubang 10 – 50/km, nilai SDI3 = SDI2 + 75 (9)

Jumlah lubang > 50/km , nilai SDI3 = SDI2 + 225 (10)

Menghitung Nilai SDI4 (Kedalaman Bekas Roda/Segmen)

Selanjutnya menentukan Nilai SDI4 berdasarkan tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Bekas Roda Kendaraan

Bekas roda	Rumus
Tidak ada	-
< 1 cm	$SDI3 + 5(0,5)$
1 – 3 cm	$SDI3 + 5(2)$
> 3 cm	$SDI3 + 5(4)$

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2011

Setelah mendapat nilai persentase retak dari tabel 4, Berikutnya memasukan nilai SDI3 pada perhitungan:

Tidak ada

Kedalaman bekas roda < 1 cm ($X=0,5$), $SDI4 = SDI3 + 5(X)$ (11)

Kedalaman bekas roda < 1 – 3 cm ($X=2$), $SDI4 = SDI3 + 5(X)$ (12)

Kedalaman bekas roda > 3 cm ($X=4$), $SDI4 = SDI3 + 5(X)$ (13)

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

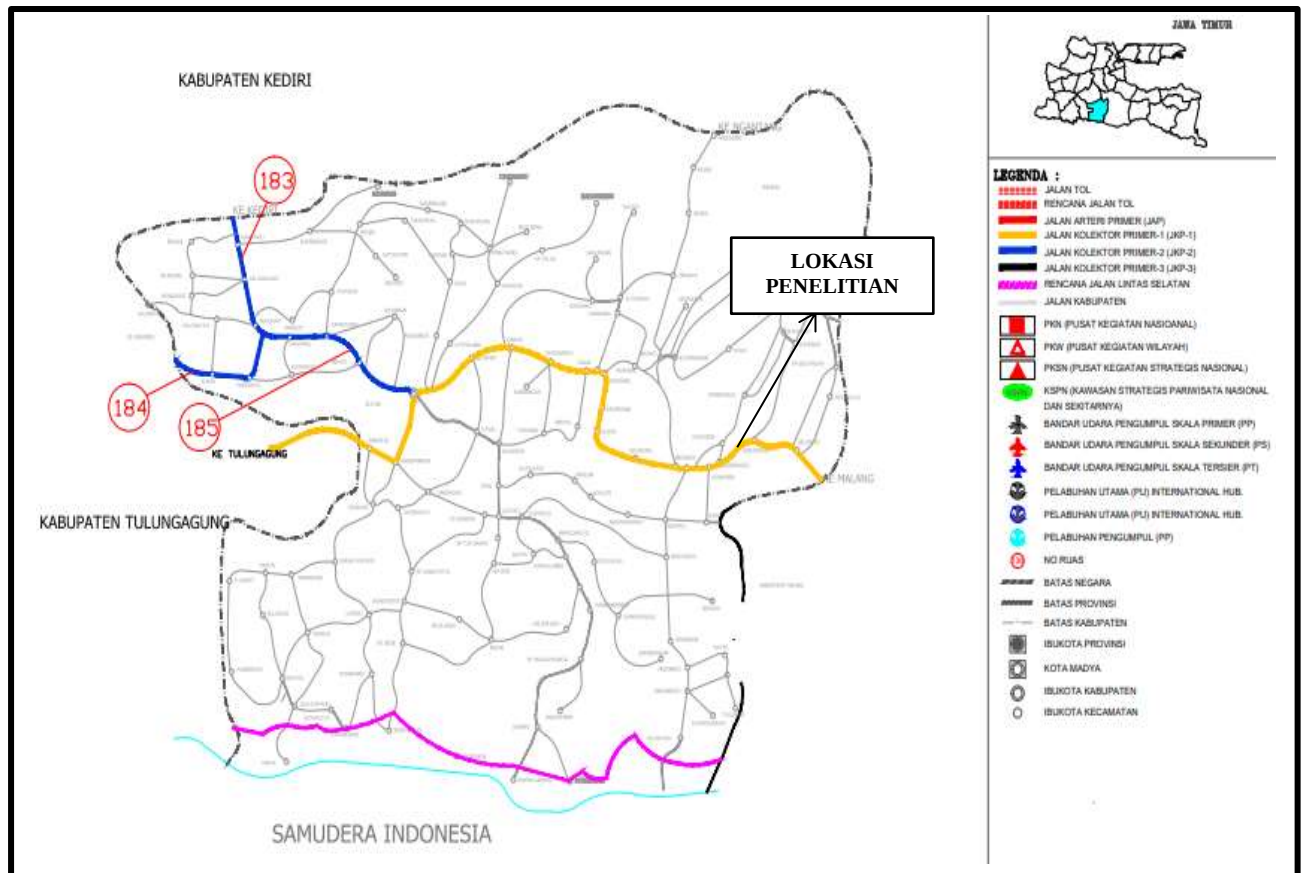
Menurut (Lukmana et al., 2019) Rencana anggaran biaya (RAB) digunakan untuk mengetahui besar biaya yang diperlukan dalam rencana suatu proyek atau pekerjaan. Beberapa tahapan dalam menghitung rencana anggaran biaya (RAB) seperti: upah pekerja, material, peralatan yang digunakan dan juga biaya *overhead* serta biaya lainnya.

Rumus:

$RAB = \text{Jumlah Volume Kerusakan} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}$ (14)

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini terletak di ruas Jalan Raya Kesamben–Solorejo Kabupaten Blitar Jawa Timur Indonesia, dengan panjang jalan ialah 10 Km. Lokasi penelitian akan dijelaskan pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Peta Jaringan Jalan
Sumber: Dinas PUPR Provinsi Jawa Timur, 2021

Data Yang Diperlukan

Data Primer

Jenis kerusakan jalan., Dimensi kerusakan jalan., Tingkat kerusakan jalan

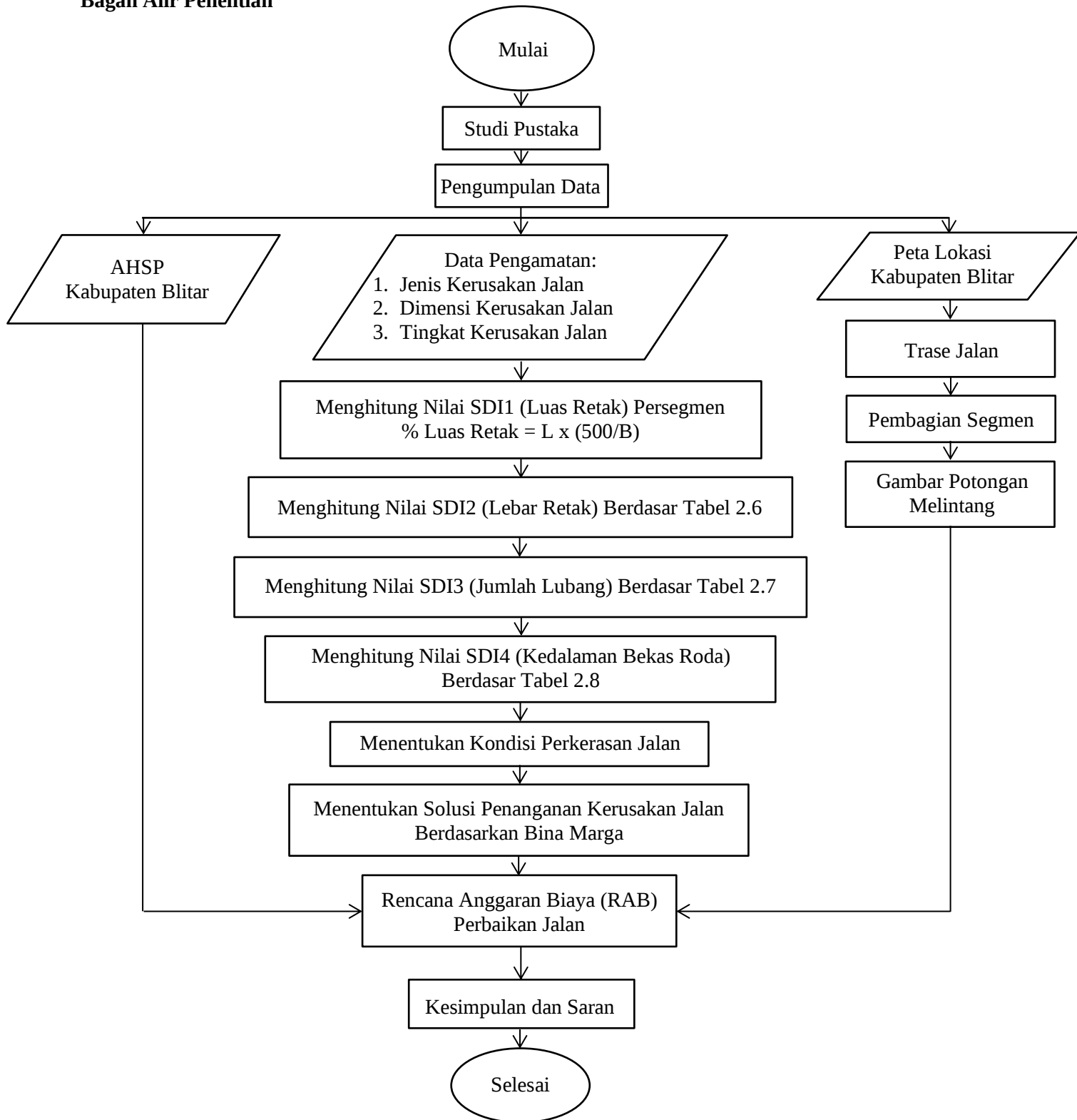
Data Sekunder

Data inventori jalan., Peta lokasi Kabupaten Blitar., Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kabupaten Blitar

Pengolahan dan Analisis Data

Tahap persiapan., Tahap survey., Analisis data menggunakan metode SDI., Menentukan solusi penanganan jalan berdasarkan Direktorat Bina Marga., Menentukan rencana anggaran biaya (RAB) perbaikan jalan

Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir
Sumber: Penulis, 2022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan kerusakan jalan segmen 1 (STA 1+100-1+600)

Menghitung SDI1 atau Luas Retak (*Total Area of Cracks*)

Tabel 5. Data Perhitungan Luas Retak Segmen 1

No	Ruas Kanan	Ruas Kiri	Dimensi P x L (m)	Luas Retak (m ²)	Celah Retak (mm)
1		✓	0,70 x 0,20	0,14	3.2
2		✓	0,45 x 0,30	0,14	3.2
3		✓	0,41 x 0,25	0,10	2.8
4	✓		0,90 x 0,52	0,47	3.2
5		✓	0,27 x 2,00	0,54	3.1
6	✓		1,25 x 0,83	1,04	3.2
7	✓		2,15 x 1,10	2,37	4
8	✓		1,51 x 0,93	1,40	3.2
9		✓	2,00 x 1,19	2,38	3.2
10	✓		1,34 x 0,75	1,00	2.5
11	✓		2,90 x 1,55	4,50	3.2
Jumlah				14,08	Rata-rata= 3,2

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

Dari tabel 5 merupakan data luas retak segmen 1, berikutnya merupakan perhitungan:

Luas area Segmen 1 = P x L

$$= 500 \times 7$$

$$= 3500 \text{ m}^2$$

$$\text{SDI}_1 = \frac{\text{Jumlah Luas Retak}}{\text{Luas I Segmen}} \times 100 \%$$

$$= \frac{14,08}{3.500} \times 100 \%$$

$$= 4,02 \%$$

Tabel 6. Penilaian Luas Retak

Luas Retak	Nilai
Tidak ada	1
<10%	5
10-30%	20
>30%	40

Sumber: Kementerian PU, 2011

Berdasarkan dari Tabel 6 penilaian luas retak untuk luas retak (<10 %), maka nilai SDI1 = 5

Menghitung SDI2 atau Lebar Retak (*Average Crack Width*)

Tabel 7. Rumus Lebar Retak

Lebar Retak	Rumus
Tidak ada	-
< 1 mm	=SDI1
1 – 3 mm	=SDI1

> 3 mm	SDI1x2
--------	--------

Sumber: Kementerian PU, 2011

Pada segmen 1 memiliki lebar retak rata-rata 3,2 mm. Sehingga berdasarkan tabel 7 Rumus lebar retak (> 3 mm).

$$\begin{aligned}\text{SDI2} &= \text{SDI1} \times 2 \\ &= 5 \times 2 \\ &= 10\end{aligned}$$

Menghitung SDI3 atau Jumlah Lubang (*Total of Photoles*)

Tabel 8. Rumus Jumlah Lubang

Jumlah lubang	Rumus
Tidak ada	-
< 10/km	SDI2 + 15
10-50/km	SDI2 + 75
>50/km	SDI2 + 225

Sumber: Kementerian PU, 2011

Pada segmen 1 terdapat 2 lubang. Sehingga berdasarkan tabel 8. rumus jumlah lubang (<10/km):

$$\begin{aligned}\text{SDI3} &= \text{SDI2} + 15 \\ &= 10 + 15 \\ &= 25\end{aligned}$$

Menghitung SDI4 atau Kedalaman Bekas Roda (*Rutting*)

Tabel 9. Bekas Roda Kendaraan

Bekas roda	Rumus
Tidak ada	-
< 1 cm	SDI3 + 5(0,5)
1 – 3 cm	SDI3 + 5(2)
> 3 cm	SDI3 + 5(4)

Sumber: Kementerian PU, 2011

Pada segmen 1 terdapat kedalaman bekas roda sebesar 2,6 cm. berdasarkan tabel 9. bekas roda (*rutting*) (1-3 cm).

$$\begin{aligned}\text{SDI} &= \text{SDI3} + 5(2) \\ &= 25 + 5 \times 2 \\ &= 35\end{aligned}$$

Berdasarkan kriteria penilaian kondisi jalan. Nilai SDI pada segmen 1 dalam kondisi Baik.

Nilai SDI Persegmen

Tabel 10. Nilai SDI Persegmen

Segmen	STA	Nilai SDI	Kondisi Perkerasan	Jenis Penanganan
1	1+100-1+600	35	Baik	Pemeliharaan Rutin
2	1+600-2+100	45	Baik	Pemeliharaan Rutin
3	2+100-2+600	21	Baik	Pemeliharaan Rutin
4	2+600-3+100	45	Baik	Pemeliharaan Rutin
5	3+100-3+600	45	Baik	Pemeliharaan Rutin
6	3+600-4+100	10	Baik	Pemeliharaan Rutin
7	4+100-4+600	26	Baik	Pemeliharaan Rutin
8	4+600-5+100	5	Baik	Pemeliharaan Rutin
9	5+100-5+600	21	Baik	Pemeliharaan Rutin
10	5+600-6+100	36	Baik	Pemeliharaan Rutin
11	6+100-6+600	30	Baik	Pemeliharaan Rutin
12	6+600-7+100	45	Baik	Pemeliharaan Rutin
13	7+100-7+600	3,5	Baik	Pemeliharaan Rutin
14	7+600-8+100	40	Baik	Pemeliharaan Rutin
15	8+100-8+600	20	Baik	Pemeliharaan Rutin
16	8+600-9+100	5	Baik	Pemeliharaan Rutin
17	9+100-9+600	16	Baik	Pemeliharaan Rutin
18	9+600-10+100	16	Baik	Pemeliharaan Rutin
19	10+100-10+600	75	Sedang	Pemeliharaan
20	10+600-11+100	7,5	Baik	Pemeliharaan Rutin

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

Tabel 10 merupakan Nilai SDI 20 Segmen yang didapat dari hasil analisa.

Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Jenis Pekerjaan

Pekerjaan Perbaikan Lubang (*Photoles*) (P4)

Meliputi pekerjaan galian lubang, pemadatan dasar galian dengan alat *Stamper*, Penghamparan Agregat Kelas A dengan tebal 10 cm, Peleburan lapis resap pengikat (*prime coat*) di atas lapisan agregat Kelas A, Penghamparan campuran aspal dingin di atas *prime coat* dan dipadatkan dengan alat *tandem roller*.

Pekerjaan Perbaikan Retak (*Crack*) (P5)

Pengisian retak (*crack*) dengan lapis resap pengikat (*prime coat*), Penebaran Lapis tipis aspal pasir (Latasir) di atas lapisan *prime coat*, Pemadatan dengan menggunakan alat *tandem roller* hingga permukaan rata (minimum 3 lintasan).

Pekerjaan Perbaikan Bekas Roda Kendaraan (*Rutting*) (P6)

Peleburan *prime coat* di atas kerusakan bekas roda (*rutting*), Penaburan Laston lapis aus (ac-wc mod), Kemudian dipadatkan dengan alat *tandem roller* dengan minimum 5 lintasan.

Rekap Volume Tiap Pekerjaan

Galian Perkerasan Beraspal

$$V = 0,60 \text{ m}^3$$

Lapis Pondasi Agregat Kelas A

$$V = 0,60 \text{ m}^3$$

Lapis Resap Pengikat (*Prime Coat*)

$$V = 0,60 \text{ (galian lubang)} + 260,14 \text{ (retak)} + 0,25 \text{ (bekas roda)}$$

$$= 260,99 \text{ m}^3$$

Jumlah material yang disemprotkan untuk *prime coat* = 0,35 liter/m³

$$\text{Jadi, kebutuhan prime coat} = \text{Volume Total} \times \text{jumlah prime coat /m}^3$$

$$= 260,99 \text{ m}^3 \times 0,35 \text{ liter/m}^3$$

$$= 91,35 \text{ liter}$$

Lapis tipis aspal pasir (Latasir)

$$V = 260,14 \text{ m}^2$$

Laston Lapis Aus (AC-WC) mod

$$V = 0,60 \text{ m}^3 \text{ (lubang)} + 0,25 \text{ m}^3 \text{ (bekas roda)}$$

$$= 0,85 \text{ m}^3$$

Jadi, Volume Laston Lapis aus (AC-WC) mod

$$= \text{Volume Total} \times \text{Berat Jenis AC-WC/m}^3$$

$$= 0,85 \text{ m}^3 \times 2,3 \text{ ton/m}^3$$

$$= 1,95 \text{ Ton}$$

Tabel 11. Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan

REKAPITULASI PERKIRAAN HARGA PEKERJAAN		
No.	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	21,700,000
2	Drainase	-
3	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	85,659
4	Pelebaran Preventif	-
5	Perkerasan Berbutir	234,577
6	Perkerasan Aspal	307,224,268
7	Struktur	-
8	Rehabilitas Jembatan	-
9	Pekerjaan Harian dan Pekerjaan lain	-
10	Pekerjaan Pemeliharaan Kinerja	-
(A) Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)		329,244,503
(B) Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)		32,924,450
(C) JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)		362,168,954
(D) DIBULATKAN		362,200,000
Terbilang : Tiga Ratus Enam Puluh Dua Juta Dua Ratus Ribu Rupiah.		

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

Tabel 11 merupakan jumlah anggaran biaya yang diperlukan dalam penanganan kerusakan pada jalan raya Kesamben-Solorejo Kabupaten Blitar sepanjang 10 Km.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Nilai perkerasan jalan raya Kesamben-Solorejo ialah: Nilai SDI terendah terdapat pada segmen 13 (STA. 7+100–7+600) dengan nilai SDI 3,5 kondisi jalan baik. Dan Nilai SDI tertinggi terdapat pada segmen 19 (STA. 10+100–10+600) dengan Nilai SDI 75 kondisi jalan sedang. Sedangkan Nilai SDI rata-rata adalah 27,35 dengan kondisi jalan baik dan termasuk dalam program pemeliharaan rutin.

Perbaikan yang perlu dilakukan untuk menangani kerusakan adalah:

- P4 (Kerusakan Retak) diperbaiki dengan cara:
 - Retak diisi dengan aspal emulsi menggunakan alat *asphalt sprayer*
 - Penebaran pasir kasar di titik yang akan diperbaiki dengan (ketebalan 10 mm)
 - Pemadatan menggunakan alat *Tandem roller*.
- P5 (Kerusakan Lubang), diperbaiki dengan cara:
 - Penggalian material pondasi jalan mencapai lapisan paling keras
 - Pemadatan dasar galian menggunakan alat *Stamper*
 - Penghamparan agregat kelas A dengan ketebalan max. 100 mm.
 - Pemadatan agregat kelas A
 - Peleburan *prime coat* menggunakan alat *ashphalt sprayer*
 - Penghamparan campuran aspal dingin di atas permukaan jalan
 - Pemadatan dengan alat *Tandem Roller*.
- P6 (Kerusakan Rutting) diperbaiki dengan cara:
 - Peleburan *Prime coat* menggunakan alat *asphalt sprayer*
 - Aspal dingin ditaburkan pada titik kerusakan yang sudah diberi perekat (tebalan minimal 10 mm)
 - Pemadatan menggunakan alat *Tandem roller*.

Anggaran biaya yang diperlukan dalam penanganan kerusakan jalan adalah sebesar Rp. 362.200.000 terbilang : Tiga Ratus Enam Puluh Dua Juta Dua Ratus Ribu Rupiah.

Saran

Setelah melakukan penelitian, saran yang ingin disampaikan peneliti adalah:

Terkait analisa kerusakan jalan, diharapkan tidak hanya pada struktur perkerasan jalan saja, tapi juga pada bangunan pelengkap jalan misalnya drainase jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2011). *Manual pemeliharaan jalan yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Bina Marga*.
- Ihsannudin, Noerhayati, E. & Rachmawati, A. (2013). *Studi Perencanaan Perkerasan Kampung Baru-Pa'keban (STA. 0+000 S/D STA. 10+000) Kecamatan Krayan Nunukan Kalimantan Utara. Skripsi Tidak Diterbitkan*. Fakultas Teknik. Universitas Islam Malang.
- Lukmana, D., Suprpto, B., & Bakhtiar, A. (2019). *Studi Perencanaan Peningkatan Jalan Babat–Batas Jombang (KM 12+ 800–KM 20+ 000) Lamongan Jawa Timur*. Jurnal Rekayasa Sipil, 6(1), 1–8.
- Prayugo, Y. S., Warsito, W., & Rachmawati, A. (2019). *Studi Peningkatan Jalan (Overlay) Pada Ruas Pamekasan–Sumenep Madura, KM. 138+ 900–KM. 148+ 000 Dengan Perkerasan Lentur*. Jurnal Rekayasa Sipil, 6(1), 106–115.
- Saleh, M., Suprpto, B., & Rachmawati, A. (2019). *Studi Peningkatan Lapis Tambah Perkerasan Pada Ruas Jalan Pacitan–Ponorogo (STA 0+ 000–10+ 100)*. Jurnal Rekayasa Sipil, 6(2), 147–154.
- Sukirman, S. (2003). *Perkerasan Jalan Raya*. Penerbit NOVA, Bandung.