

**EVALUASI KONDISI PERKERASAN, PENANGANAN DAN NILAI SISA
PERKERASAN LENTUR JALAN DENGAN METODE BINAMARGA 2013
DAN METODE MEKANISTIK EMPIRIK
(Studi Kasus : Jalan Jogja-Solo Km 14+800 – 16+800)**

Addy Sumarsono *, Miftahul Fauziah**

**Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Musi Rawas, Jalan Sultan Mahmud Badaruddin II Air Kuti, Kota Lubuklinggau, Sumatera Selatan 31625-Indonesia*

***Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Musi Rawas, Jalan Sultan Mahmud Badaruddin II Air Kuti, Kota Lubuklinggau, Sumatera Selatan 31625-Indonesia*

**Email: addysumarsono54@gmail.com*

ABSTRAK

Ruas Jalan Jogja-Solo termasuk Jalan Nasional dan berfungsi sebagai jalan arteri dengan panjang jalan \pm 60 km. Dalam rangka meningkatkan dan mengembangkan kinerja jalan untuk pelaksanaan kegiatan pekerjaan konstruksi jalan guna menjamin kualitas perkerasan jalan, maka diperlukan pendekatan perencanaan dan desain perkerasan jalan. Perencanaan ini dilakukan pada ruas Jalan Nasional Jogja-Solo atau Ruas Janti-Prambanan. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil perhitungan desain perencanaan *overlay* perkerasan jalan dengan metode empirik dan mekanistik-empirik. Metode empirik menggunakan metode Bina Marga 2013 dengan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 dan metode mekanistik-empirik menggunakan program *KENPAVE*. Penelitian ini juga untuk mengetahui bagaimana kondisi kelayakan jalan dan jenis pemeliharaan jalan, penambahan tebal lapis perkerasan (*overlay*) menggunakan 3 metode yaitu metode bina marga SKBI 1987, metode bina marga 2013 dan metode mekanistik-empiris serta memprediksi berapa sisa umur pelayanan jalan ketika dibebani dengan beban yang ada di lapangan yaitu menggunakan beban 8.160 kg dan 10.000 kg. Analisis yang dilakukan tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2013 diperoleh hasil tebal perkerasan dengan lapis permukaan *AC-WC* sebesar 4 cm, *AC-BC* sebesar 14 cm, lapis pondasi atas menggunakan *CTB* sebesar 15 cm dan lapis pondasi bawah menggunakan LPA kelas A sebesar 15 cm. Dari desain tebal Bina Marga 2013 dikontrol menggunakan program *KENPAVE* dinyatakan aman dan mampu menahan beban sampai umur rencana. Dari ke empat desain yang dikontrol menggunakan program *KENPAVE* diperoleh tebal minimum yang aman dan dapat menahan beban selama umur rencana dengan tebal *surface* 18 cm, *base* 10 cm dan *sub base* 12 cm. Prediksi umur kerusakan yang terjadi dari semua alternatif berdasarkan regangan yang terjadi adalah *rutting*, *fatigue cracking* kemudian *permanent deformation*. Respon tegangan dan regangan maksimum penyebab terjadinya kerusakan *Rutting* terjadi di titik lapis permukaan (*laston*) yaitu kedalaman 18 cm sebesar 0,0001265 kPa. Kerusakan *Fatigue* pada kedalaman 10 cm sebesar 0,0001248 (titik kritis pada titik bawah lapis permukaan). Sedangkan untuk *deformation*, tegangan total yang terjadi sebesar 0,0001206 kPa pada kedalaman 10 cm (titik kritis pada titik bawah lapis permukaan). Sehingga terjadi penurunan umur pelayanan sebesar 9 tahun.

Kata kunci : Beban kendaraan, Kerusakan jalan, Mekanistik Empirik, Umur Pelayanan jalan, Tebal Lapis Tambah (*Overlay*)

1. PENDAHULUAN

Ruas Jalan Jogja-Solo termasuk Jalan Nasional dan berfungsi sebagai jalan arteri dengan panjang jalan \pm 60 km, secara umum dapat dikatakan sebagian besar jalan dalam kondisi baik. Namun juga ditemui kondisi jalan yang bergelombang dan berlubang di beberapa titik. Mengingat Jalan Nasional Jogja– Solo adalah jalan penting yang menghubungkan antara kota Jogja dan kota Solo dengan arus lalu lintas yang tinggi dan beban lalu lintas yang besar, harus diimbangi dengan kondisi perkerasan jalan yang baik. Namun pada kenyataannya masih banyak dijumpai kerusakan

pada permukaan Jalan Nasional Jogja–Solo yang dapat mengganggu kenyamanan pengguna jalan sehingga diperlukan evaluasi terhadap kondisi jalan secara berkala untuk menentukan jenis pemeliharaan dan perawatan jalan yang tepat.

Perencanaan tebal perkerasan jalan lentur menggunakan Metode mekanistik-empirik yaitu didasarkan pada kaidah teoritis dan karakteristik material perkerasan. Prinsip utama dari metode mekanistik yaitu dengan mengasumsikan perkerasan jalan menjadi suatu struktur “multi-layer (*elastic*) structure” untuk perkerasan lentur. Akibat beban kendaraan yang bekerja di atasnya, yang dalam hal ini dianggap sebagai beban statis merata, maka akan timbul tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) pada struktur tersebut. Tegangan (*stress*), regangan (*strain*), dan lendutan (*deflection*) adalah respon dari material perkerasan yang mengalami pembebanan. Perhitungan respon tegangan (*stress*), regangan (*strain*), dan lendutan (*deflection*) pada setiap lapisan.

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan hasil perhitungan desain perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan jalan dengan metode empirik dan mekanistik-empirik. Metode empirik menggunakan metode Bina Marga 2013 dan metode mekanistik-empirik menggunakan program *KENPAVE*.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh menggunakan metode survey serta pengujian dilapangan, hal ini dilakukan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan berupa nilai *IRI* (*Internation Roughness Index*), nilai *SDI* (*Surface Distress Index*) dan menghitung nilai sisa dengan analisa komponen berdasarkan nilai *PSI* dan *IRI*. Sedangkan data sekunder diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta berupa data volume lalu lintas di ruas jalan yang ditinjau dan data material perkerasan berupa data tanah dasar (uji *CBR*)

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan tepatnya pada ruas jalan Jogja–Solo sepanjang 2 kilometer (jarak titik A ke B) mulai dari stasiun 14+800 meter sampai dengan stasiun 16+800 meter yang terletak di Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Lokasi penelitian

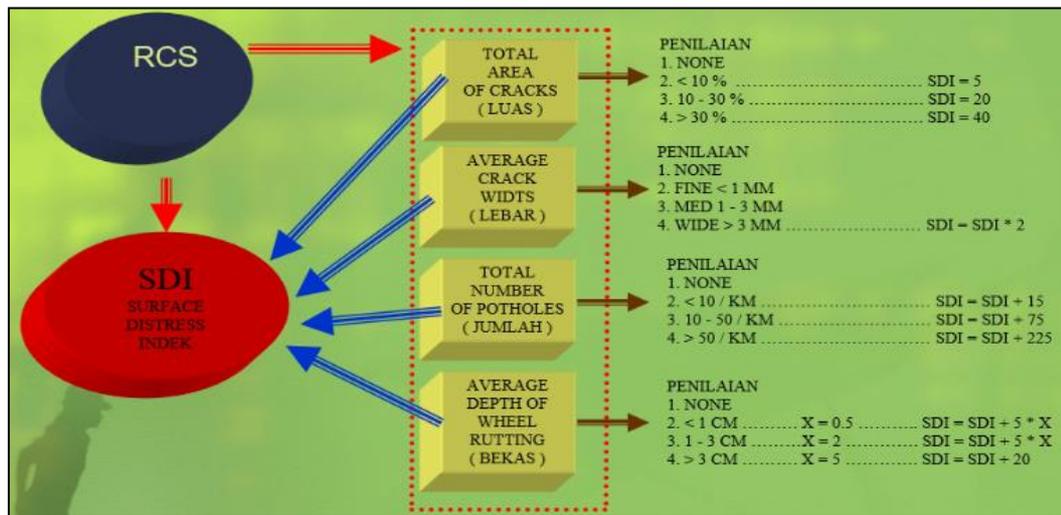
2.2. Metode yang digunakan

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan metode empirik dan mekanistik-empirik. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *SDI* (*Surface Distress Index*), *IRI* (*International Roughness Index*), *Analisis Korelasi SDI dan IRI*, Tebal Lapis Tambah (*Overlay*)

Binamarga 2013 dan Analisa Komponen Binamarga 1987 (SKBI 1987) serta Mekanisitik Empirik (Program KENPAVE). Berikut penjelasan dari metode yang digunakan.

a. **SDI (Surface Distress Index)**

SDI (Surface Distress Index) adalah sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan dengan pengamatan visual dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan. Dalam pelaksanaan metode SDI di lapangan maka ruas jalan yang akan disurvei harus dibagi ke dalam tiap segmen. Perhitungan SDI (*Surface Distress Index*) untuk menilai kondisi jalan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Perhitungan *Surface Distress Index* (SDI) untuk Menilai Kondisi Jalan

b. **IRI (International Roughness Index)**

IRI (Internationa Roughness Index) adalah parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat ketidakrataan permukaan jalan. Data dari alat Roughness berupa hasil nilai D1, D2, D3 dan D4. Kemudian dengan perhitungan didapatkan nilai BI, lalu nilai BI dimasukkan kedalam rumus untuk mendapatkan nilai IRI. Rumus yang digunakan untuk menghitung IRI dapat dilihat pada Persamaan 1 berikut.

$$Roughness (IRI) = a2 \times BI + a1 \dots \dots \dots \text{Pers. 1}$$

c. **Analisis Korelasi SDI (Surface Distress Index) dan IRI (International Roughness Index)**

Analisis korelasi adalah metode statistik yang digunakan untuk mengukur besarnya hubungan linear antara dua variabel atau lebih dan juga dapat untuk mengetahui bentuk hubungan antara dua variabel tersebut dengan hasil yang sifatnya kuantitatif. Rumus yang digunakan untuk menghitung koefisien korelasi dapat dilihat pada Persamaan 2 berikut.

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n\sum x^2 - (\sum x)^2\}\{n\sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \dots \dots \dots \text{Pers. 2}$$

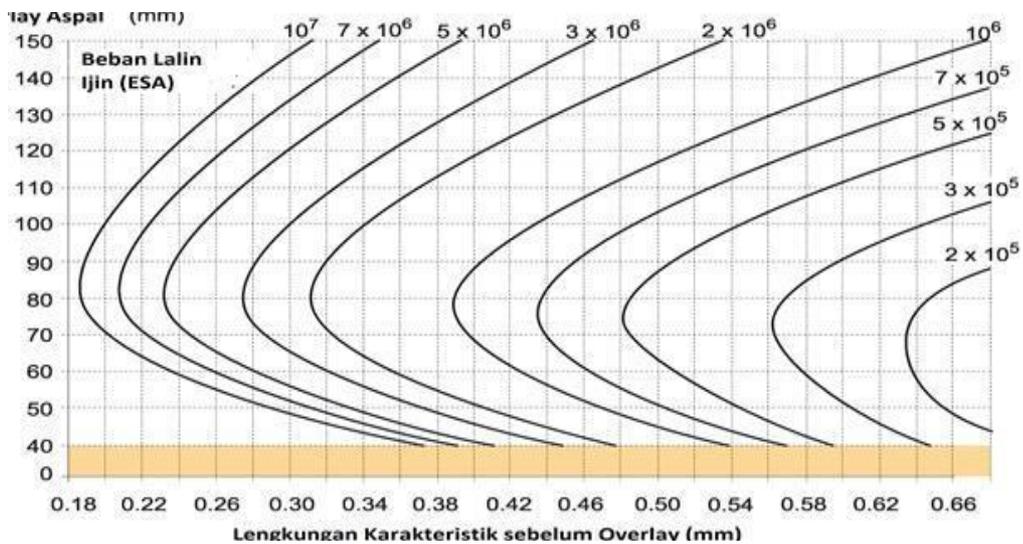
Keterangan:

- r = ratio
- n = banyaknya data x dan y,
- Σx = total jumlah dari variabel x,

- Σy = total jumlah dari variabel y ,
- Σx^2 = kuadrat dari total jumlah variabel x ,
- Σy^2 = kuadrat dari total jumlah variabel y , dan
- Σxy = hasil perkalian dari total jumlah variabel x dan variabel y

d. Tebal Lapis Tambah (Overlay) Bina Marga 2013

Manual desain perkerasan jalan 2013 (MDJP) ini akan membantu dalam menyakinkan kecukupan struktural dan kepraktisan konstruksi untuk kondisi beban dan iklim Indonesia. Tebal lapis tambah dihitung berdasarkan kurva lendutan *overlay* aspal untuk mencegah retak *fatigue* pada $MAPT > 35^\circ C$, tetapi sebelum di plotkan ke dalam kurva lendutan *overlay* aspal untuk mencegah retak *fatigue* pada $MAPT > 35^\circ C$ tersebut, terlebih dahulu hitung Nilai *Curvature Function* pada Gambar 3 dan Persamaan 3 berikut.



Gambar 3. Tebal Overlay Aspal untuk Mencegah Retak *Fatigue* pada $MAPT > 35^\circ C$

$CF = d_0 - d_{200}$ Pers. 3

Keterangan:

D_0 = Lendutan Maksimum pada suatu titik uji (mm)

D_{200} = Lendutan yang diukur pada titik uji saat beban uji dimajukan 200 mm dari titik uji tersebut

e. Tebal Lapis Tambah (Overlay) Analisa Komponen Bina Marga 1987 (SKBI 1987)

Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987 (SKBI 1987) digunakan untuk menghitung tebal lapis tambah (*overlay*) dan perhitungan nilai sisa umur perkerasan (*Remaining Life*), ada beberapa tahap dalam mendapatkan tebal lapis tambah (*overlay*) dan *Remaining Life* tersebut, tahapanya yaitu dengan menentukan koefisien kekuatan relative (a), mengetahui nilai kondisi perkerasan, kekuatan jalan dan tebal perkerasan (*existing*), lalu dihitung ITP (Indeks Tebal Perkerasan) sisa, ITP akhir umur rencana dan tebal lapis tambahanya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Persamaan 4,5 dan 6 berikut.

Tabel 1
Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-		590	-	
0,35	-	-		454	-	
0,30	-	-	340	-	-	Lasbutag
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-		590	-	
0,28	-	-		454	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan
-	0,13	-	-	18	-	semen
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan
-	0,13	-	-	18	-	kapur
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Tabel 2
Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

No	Jenis Lapisan	Jenis Kerusakan	Kondisi Perkerasan (%)
1	Lapis Permukaan	Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda	90 – 100
		Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil	70 – 90
		Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, Pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50 – 70
		Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, Menunjukkan Gejala Ketidakstabilan	30 – 50
2	Lapis Pondasi	Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam Umumnya tidak retak	90 – 100
		Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil	70 – 90
		Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50 – 70
		Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan	30 – 50
		Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur : Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 10	70 – 100
3	Lapis Pondasi Bawah	Pondasi Macadam atau Batu Pecah : Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 6	80 – 100
		Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 6	90 – 100
		Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) > 6	70 – 90

a) ITP sisa
 Kekuatan Jalan Lama (*Existing*):
 Asbuton (MS. 744) = Nilai Kondisi Perkerasan x Tebal Lapis Perkerasan x Koefisien Kekuatan Relatif (a_1)
 Batu Pecah (*CBR 100*) = Nilai Kondisi Perkerasan x Tebal Lapis Perkerasan x Koefisien Kekuatan Relatif (a_2)
 Sirtu (*CBR 50*) = Nilai Kondisi Perkerasan x Tebal Lapis Perkerasan x Koefisien Kekuatan Relatif (a_3)

+

ITP sisa =Pers. 4

b) ITP akhir umur rencana 20 Tahun (Δ ITP)
 $(\Delta \text{ ITP}) = \text{ITP}_{\text{UR}} - \text{ITP}_{(\text{sisa})}$ Pers.5

Keterangan:

- Δ ITP = Indek Tebal Pekrerasan (ITP) akhir umur rencana,
- ITP_{UR} = Indek Tebal Pekrerasan (ITP) Umur Rencana
- $\text{ITP}_{(\text{sisa})}$ = Indek Tebal Pekrerasan (ITP) Sisa

c) Tebal Lapis Tambah (*Overlay*)
 $\text{ITP} = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$ Pers.6

Keterangan:

- a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan D_1 ,
- D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).
- Angka 1, 2 dan 3 = Masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapispondasi bawah.

f. Mekanistik Empirik (Program *KENPAVE*)

Metode mekanistik empirik adalah suatu metode yang mengembangkan kaidah teoritis dari karakteristik material perkerasan, dilengkapi dengan perhitungan secara eksak terhadap respons struktur perkerasan jalan menjadi suatu struktur “*multi layer (elastic) structure*” untuk perkerasan lentur dan suatu struktur “*beam on elastic foundation*” untuk perkerasan kaku. Konsep ini berasumsi bahwa setiap lapisan perkerasan memiliki sifat-sifat seperti homogen, isotropis, dan linier elastik yang berarti akan kembali ke bentuk aslinya ketika beban dipindahkan. Dalam permodelan lapis perkerasan jalan dengan model lapisan elastis ini diperlukan data input untuk tegangan dan regangan pada struktur perkerasan dan respon terhadap beban. Parameter-parameter yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Retak Kelelahan (*Fatigue Cracking*)

Retak Kelelahan (*Fatigue Cracking*) adalah suatu gejala kerusakan permukaan perkerasan sehingga akan menyebabkan air pada permukaan perkerasan masuk ke lapisan di bawahnya dan hal ini merupakan salah satu faktor yang akan membuat semakin luas/parah suatu perkerasan, Dalam metode desain *Asphalt Institute*, jumlah diijinkan beban pengulangan N_f menyebabkan *fatigue cracking* berkaitan dengan regangan tarik ϵ_t dibawah *HMA* dan modulus E_1 untuk *HMA*, Untuk campuran standar yang digunakan dalam desain, persamaan *Asphalt Institute* 1981 untuk kerusakan 20 % dari dari daerah yang retak adalah, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan 7 berikut.

$N_f = 0,0796(\epsilon_t)^{-3,291}(E_1)^{-0,854}$ Pers. 7

Keterangan:

- N_f = Jumlah pengulangan beban yang diijinkan untuk mencegah keretakan atau jumlah repetisi beban,
- ϵ_t = *Tensile strain* di lokasi tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respon model struktur atau regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan (in/in),
- E_1 = Modulus Elastis pada lapis permukaan atau lapisan *HMA*.

2. Retak Alur (*Rutting*)

Retak Alur yang terjadi pada lapis permukaan jalan, merupakan akumulasi dari semua deformasi plastis yang terjadi, baik dari lapis beraspal, lapis agregat pondasi dan lapis tanah dasar. Indikasi kemungkinan penyebab kerusakan *rutting* pada jalan raya akibat lapis permukaan yang getas terjadi retakan dan dilalui beban kendaraan sehingga terjadi retakan yang mengikuti alur roda kendaraan. Jumlah nilai repetisi beban dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 8 berikut.

$$N_d = f_4(\epsilon_c)f_5 \dots \dots \dots \text{Pers. 8}$$

Keterangan:

- N_d = jumlah nilai repetisi beban yang diizinkan untuk mengontrol *rutting*,
- ϵ_c = regangan tekan vertikal diatas lapisan dasar,
- f_5 = koefisien kriteria deformasi permanen, dan
- f_4 = koefisien kriteria deformasi permanen.

3. Deformasi Permanen (*Permanent Deformation*)

Deformasi Permanen adalah peristiwa penurunan lapis struktur perkerasan secara permanen. Deformasi ini dikatakan permanen karena deformasi yang terjadi pada permukaan perkerasan tidak kembali lagi ke posisi awal (*unrecoverable*) setelah terjadi pembebanan. Deformasi permanen (dalam bentuk *rutting*) banyak terjadi pada jalur tapak roda kendaraan. Ada dua prosedur yang digunakan untuk membatasi kerusakan *rutting* adalah sebagai berikut.

- a) Untuk membatasi regangan tekan vertikal diatas tanah dasar
- b) Untuk membatasi total akumulasi deformasi permanen pada permukaan perkerasan berdasarkan sifat deformasi permanen dari setiap lapisan dividu

Untuk mencari nilai *permanent* deformasi dapat digunakan Persamaan 9 berikut.

$$N_d = f_4 . (\epsilon_c)^{-f_5} \dots \dots \dots \text{Pers. 9}$$

Keterangan:

- N_d = Jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol permanent *deformation*, dan
- (ϵ_c) = Regangan tekan vertikal di atas lapisan tanah dasar

Nilai f_4 dan f_5 mengikuti rekomendasi dari *Asphalt Institute* 1970 dengan nilai $f_4 = 1,365 \times 10^{-9}$ dan $f_5 = 4$.

4. Program *KENPAVE*

Program *KENPAVE* merupakan software desain perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh Huang, dari Universitas Kentucky. Software ini ditulis dalam bahasa pemrograman Visual Basic. Software ini terbagi dalam empat program, yaitu *LAYERINP*, *KENLAYER*, *SLABINP*, *KENSLAB*. *LAYERINP* dan *KENLAYER* merupakan program analisis untuk perkerasan lentur yang berdasarkan pada teori sistem

lapis banyak. Penelitian ini menggunakan program *KENPAVE* bagian *KENLAYER* yaitu program analisis yang menghitung sistem banyak lapis (*multi layers*) pada perkerasan lentur. Program ini cukup interaktif dan user friendly. Program ini bisa digunakan untuk menghitung regangan, tegangan, serta lendutan permukaan perkerasan akibat beban tertentu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Nilai *Surface Distress Index (SDI)*

Perhitungan nilai *Surface Distress Index (SDI)* di jalan Jogja-Solo Sta 14+800 s/d Sta 16+800 dihitung per segmen. Berikut perhitungan Segmen I pada STA 14+800 s/d Sta 14+900 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.

Perhitungan Nilai *SDI* Segmen 1 (14+800 – 14+900)

No	Kerusakan	Survey	Perhitungan (Penilaian berdasarkan Dirjen Binamarga 2011)	<i>SDI</i> (m/km)
1	Luasan Retak	> 30 %	40	40
2	Lebar Retakan	> 3 mm	2 x 40	80
3	Jumlah Lubang/100 meter	1/100 meter	80 + 15	95
4	Kedalaman Alur Bekas Roda	1-3 cm	95 + 5 x 2	105
NILAI <i>SDI</i>				105

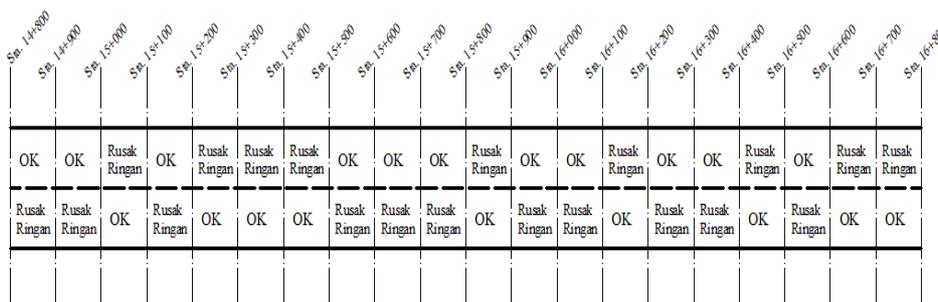
Dari perhitungan *SDI* pada segmen 1 Sta. 14+800 s/d Sta 14+900 di atas diperoleh nilai *SDI* sebesar 105 yang berarti pada perkerasan segmen 1 mengalami kerusakan ringan.

Untuk perhitungan segmen 2 sampai dengan segmen 20 dilakukan dengan rumus yang sama seperti diatas dan didapatkan nilai rata-rata *SDI* sepanjang Jalan Jogja - Solo Sta. 14+800 s/d Sta. 16+800 yaitu sebesar 106,75 dengan kondisi rusak ringan. Nilai *SDI* juga dapat dilihat dalam bentuk persentase. Persentase kondisi permukaan perkerasan segmen 1-segmen 20 dari ruas jalan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 4 di bawah ini.

Tabel 5.

Persentase Kondisi Perkerasan Nilai *SDI* Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 – Sta. 16+800

Kondisi Permukaan	Jumlah Segmen	Persentase (%)
Baik	0	0
Sedang	0	0
Rusak Ringan	20	100
Rusak Berat	0	0
Jumlah	20	100



Gambar 4. Kondisi Permukaan Perkerasan Yang Mengalami Rusak Ringan Pada Sta 14+800 – 16+800

Berdasarkan hasil persentase kondisi permukaan nilai *SDI* perkerasan di atas, pada ruas Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 s/d Sta. 16+800 persentase tertinggi sebesar 100% dengan kondisi rusak ringan, 0% dengan kondisi baik, 0% dengan kondisi sedang dan 0% dengan kondisi rusak berat.

3.2. Nilai *International Roughness Index (IRI)*

Dari data yang di dapat pada pengujian dengan alat *Roughnes*, maka didapat nilai *D1*, *D2*, *D3*, *D4* dari pembacaan alat. Kemudian dengan perhitungan di dapatlah nilai (*BI*), setelah itu nilai *BI* dimasukan dalam Persamaan 3.2 guna mendapatkan nilai *IRI*. Untuk contoh perhitungan *BI* dan *IRI* pada segmen 1 Sta. 14+800 s/d Sta 14+900 dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned} D1 &= 1; D2 = 72; D3 = 12; D4 = 3 \\ BI &= D1+D2+D3+D4 \\ BI &= 1+72+12+3 = 88 \\ IRI &= 0,022 (BI) + 2,169 \\ &= 0,022 (88) + 2,169 \\ &= 4,105 \text{ m/km} \end{aligned}$$

Setelah didapat nilai *IRI* dari kedua ruas arah tersebut, selanjutnya nilai *IRI* dari kedua ruas arah tersebut dihitung rata-rata pada setiap segmen untuk mendapatkan nilai *IRI* sepanjang Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 - Sta. 16+800. Hasil hitungan rata-rata nilai *IRI* segmen 1- segmen 20 dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6.

Nilai *IRI* Rata-Rata Segmen 1 - 10 Jalan Raya Tajem Sta. 14+800 - Sta. 16+800

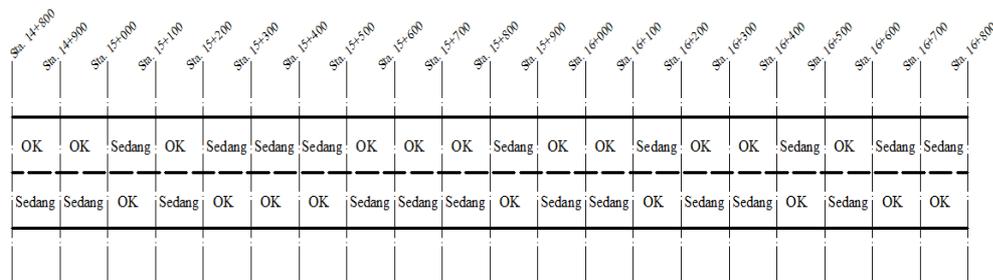
Segmen	<i>IRI</i> 1 (m/km)	<i>IRI</i> 2 (m/km)	Rata-rata (m/km)	Kondisi
1	4,105	4,193	4,149	Sedang
2	6,305	6,415	6,360	Sedang
3	4,413	5,073	4,743	Sedang
4	5,249	5,447	5,348	Sedang
5	5,139	4,743	4,941	Sedang
6	6,151	6,129	6,14	Sedang
7	7,207	6,899	7,053	Sedang
8	5,975	7,141	6,558	Sedang
9	6,987	5,975	6,481	Sedang
10	6,173	5,095	5,634	Sedang
11	5,601	5,579	5,590	Sedang
12	6,833	6,613	6,723	Sedang
13	7,251	7,493	7,372	Sedang
14	5,975	6,459	6,217	Sedang
15	4,919	4,941	4,930	Sedang
16	5,381	5,117	5,249	Sedang
17	6,569	5,733	6,151	Sedang
18	7,141	6,151	6,646	Sedang
19	5,623	4,919	5,271	Sedang
20	7,669	7,009	7,339	Sedang
Rata-rata <i>IRI</i>			5,945	Sedang

Berdasarkan Tabel 5 diatas hasil penilaian kondisi perkerasan dengan menggunakan nilai *Internatioan Roughness Index (IRI)* didapatkan nilai *IRI* rata-rata sepanjang Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 s/d Sta. 16+800 sebesar 5,945 dengan kondisi Sedang. Persentase angka ketidakrataan kondisi permukaan perkerasan yang dialami ruas Jalan Jogja-Solo segmen 1-segmen 20 tersebut dapat dilihat Tabel 7 dan Gambar 5 berikut.

Tabel 7.

Persentase Kondisi Perkerasan dengan Nilai *IRI* Ruas Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 - Sta. 16+800

Kondisi <i>IRI</i>	Jumlah Segmen	Persentase (%)
Baik	0	0
Sedang	20	100
Rusak Ringan	0	0
Rusak Berat	0	0
Jumlah	20	100

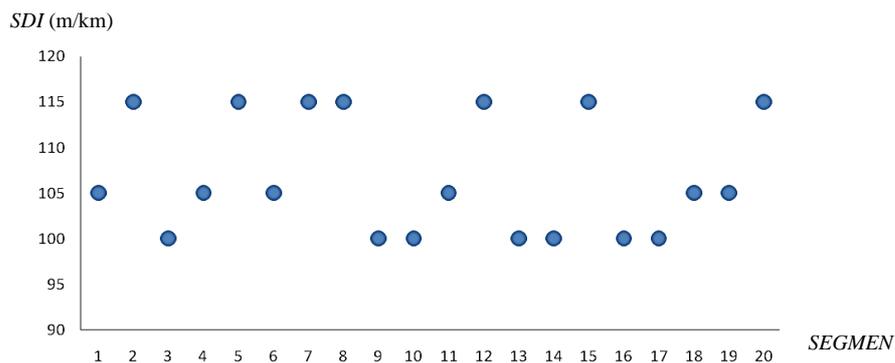


Gambar 5. Kondisi Perkerasan dengan Nilai *IRI* yang mengalami Kondisi Sedang Pada Sta 14+800 - Sta. 16+800

Berdasarkan hasil persentase kondisi permukaan nilai *IRI* perkerasan di atas, pada ruas Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 s/d Sta. 16+800 persentase tertinggi sebesar 100-% dengan kondisi sedang, 0% dengan kondisi baik, 0% dengan kondisi rusak ringan dan 0% dengan kondisi rusak berat.

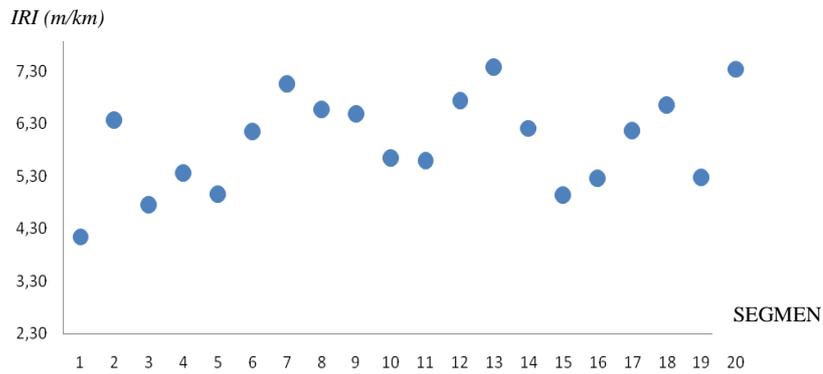
3.3. Nilai Korelasi Antara nilai *SDI* dan *IRI*

Dari data *IRI* dan *SDI* didapat profil berupa masing-masing grafik dan koefisien korelasi. Garfik profil dan data *SDI* dan *IRI* Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 s/d Sta. 16+800 dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7, serta Tabel 8 berikut.



Gambar 6. Grafik Nilai *SDI* Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 - 16+800

Gambar 6 di atas menjelaskan grafik Jalan Jogja-Solo dengan parameter nilai *SDI*. Nilai *SDI* semakin besar atau jauh dari titik 0 menunjukkan kondisi jalan yang semakin rusak, dan sebaliknya. Apabila nilai *SDI* mendekati titik 0 menunjukkan kondisi jalan yang semakin baik.



Gambar 7. Grafik Nilai *IRI* Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 - 16+800

Gambar 7 diatas menjelaskan nilai *IRI* semakin besar atau menjauh dari titik 0 menunjukkan kondisi jalan yang semakin rusak, dan sebaliknya. Apabila nilai *IRI* mendekati titik 0 menunjukkan kondisi jalan yang semakin baik.

Tabel 8.

Data Nilai *IRI* dan *SDI* Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 - Sta. 16+800

SEGMENT	<i>SDI</i> (m/km) (x)	<i>IRI</i> (m/km) (y)	(x*y)	x ²	y ²
1	105	4,149	435,645	11025	17,214
2	115	6,360	731,400	13225	40,449
3	100	4,743	474,300	10000	22,496
4	105	5,348	561,540	11025	28,601
5	115	4,941	568,215	13225	24,413
6	105	6,140	644,700	11025	37,699
7	115	7,053	811,095	13225	49,744
8	115	6,558	754,170	13225	43,007
9	100	6,481	648,100	10000	42,003
10	100	5,634	563,400	10000	31,741
11	105	5,590	586,950	11025	31,248
12	115	6,723	773,145	13225	45,198
13	100	7,372	737,200	10000	54,346
14	100	6,217	621,700	10000	38,651
15	115	4,930	566,950	13225	24,304
16	100	5,249	524,900	10000	27,552
17	100	6,151	615,100	10000	37,834801
18	105	6,646	697,830	11025	44,169316
19	105	5,271	553,455	11025	27,783441
20	115	7,339	843,985	13225	53,860921
Jumlah	2135	118,90	12713,78	228,725	722,320

Setelah didapatkan data nilai *SDI* dan *IRI* seperti Tabel 6 diatas, maka selanjutnya adalah perhitungan koefisien korelasi nilai *SDI* dan nilai *IRI* ruas arah Jalan Jogja-Solo Sta. 14+800 - Sta. 16+800. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$r = \frac{(20 \times 12713,78) - ((2135) \times (118,90))}{\sqrt{\{(20 \times 228,725) - (2135)^2\} \{ (20 \times 722,320) - (722,320)^2 \}}} = 0,808$$

(Korelasi yang erat dan kuat)

3.4. Perbandingan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Metode Bina Marga 2013, Metode SKBI 1987 dan Metode Mekanistik-Empirik (*Kenpave*).

a. Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) dengan Metode Bina Marga 2013.

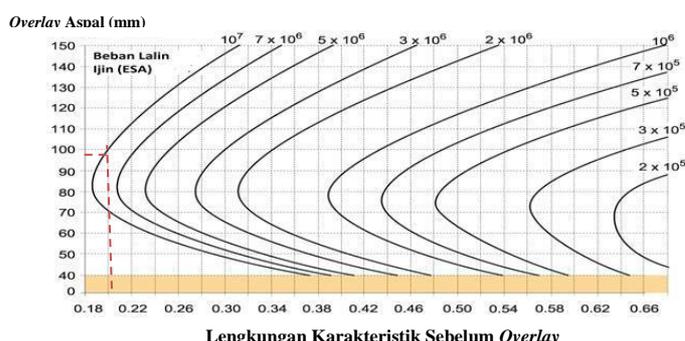
Lendutan Maksimum (d_0) yang didapat sebesar 0,38 mm

Lendutan yang diukur pada titik uji saat beban uji dimajukan 200 mm dari titik uji tersebut (D_{200}) sebesar 0,18 mm, maka dimasukkan dalam Persamaan 3 berikut dan Gambar 8 berikut.

$$CF = d_0 - d_{200}$$

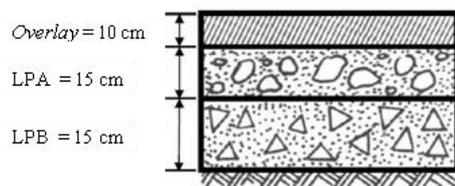
$$CF = 0,38 - 0,18$$

$$CF = 0,20 \text{ mm}$$



Gambar 8. Tebal Overlay Aspal untuk Mencegah Retak *Fatigue* pada $MAPT > 35^\circ C$

Dari Gambar 8 diatas tebal *overlay* aspal untuk mencegah retak *fatigue* pada $MAPT > 35^\circ C$ maka didapat tebal lapis setebal 100 mm = 10 cm, setelah di dapatkan tebal lapisnya (AC-WC) lalu digambarkan tebal perkerasannya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Desain Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2013

b. Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) dengan Metode Analisa Komponen Bina Marga (SKBI 1987)

Dari Tabel 1 di atas di dapatkan Koefisien kekuatan relatif (a) dan dimasukkan kedalam Persamaan untuk lebih jelasnya dapat di lihat sebagai berikut.

- | | | | | |
|--------------------------|----------------------|-------|---|------|
| 1) Lapisan permukaan | : Laston, MS 744 | a_1 | = | 0,40 |
| 2) Lapisan Pondasi atas | : Batu pecah kelas A | a_2 | = | 0,14 |
| 3) Lapisan Pondasi bawah | : Sirtu kelas B | a_3 | = | 0,12 |

Remaining Life Eksisting Jalan Lama (ITP sisa)

1. Kekuatan Jalan Lama.

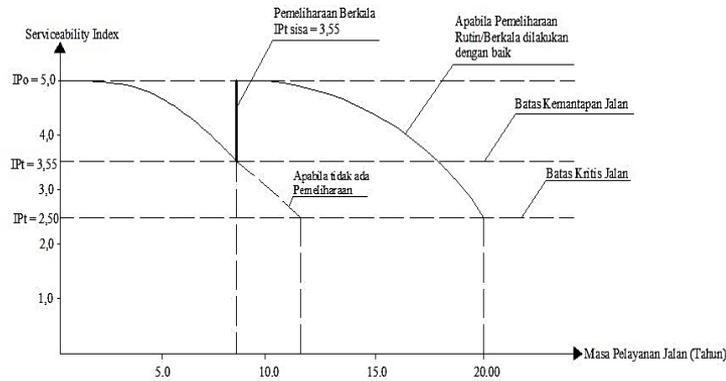
- | | | | | |
|-----------------------------|---|---------------------|---|------|
| a) Asbuton (MS.744) 4,0 cm | = | 80 % x 4,0 x 0,40 | = | 1,05 |
| b) Batu Pecah Kelas A 14 cm | = | 100 % x 14,0 x 0,14 | = | 1,30 |
| c) Sirtu Kelas B 15 cm | = | 100 % x 15,0 x 0,12 | = | 1,20 |

ITP sisanya adalah = 3,55

2. UR 20 Tahun

$$\begin{aligned} \Delta ITP &= ITP_{20} - ITP_{(sisa)} \\ &= 7,51 - 3,55 \\ &= 3,96 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai ITP sisa dan ITP akhir umur rencana, selanjutnya hasil tersebut di plotkan kedalam Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Serviceability Index

Dari Gambar 10 di atas bahwa Pemeliharaan Berkala berada pada ITP sebesar 3,55 pada umur jalan 8 tahun, apabila tidak ada pemeliharaan berkala maka jalan tersebut hanya berumur 12 tahun dan tidak memenuhi masa pelayanan jalan 20 tahun.

Koefisien Kekuatan Relatif (a_1) = 0,40

$$\begin{aligned} ITP_{sisa} &= 3,55 \\ ITP &= a_1 \cdot D_1 \\ 3,55 &= 0,40 \cdot D_1 \\ D_1 &= \frac{4,60}{0,40} \\ D_1 &= 11,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) berdasarkan Metode Analisa Komponen Bina Marga (SKBI 1987) sebesar 11,5 cm.

c. Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) dengan Metode Mekanistik Empirik (Program *Kenpave*)

1) Hasil Analisa *KENLAYER*

Adapun hasil rekapitulasi *output* dari semua pengulangan beban pada tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9.
Rekapitulasi hasil dari perhitungan *KENLAYER*

Pengulangan Beban	Vertical Strain 17,9997 cm (kPa)	Vertical Strain 50.0003 cm (kPa)	Tangential Strain 17,9997 cm (kPa)
1	0,0001898	0,00005092	0,0001898
2	0,000155	0,00005617	0,000155
3	0,000134	0,00005709	0,000134
Maksimum	0,0001898	0,00005709	0,0001898

Dari data tersebut diperoleh nilai regangan tarik atau nilai *horizontal principal strain* di bawah lapis permukaan sebesar **0,0001189** untuk analisa jenis kerusakan *fatigue cracking*, untuk regangan tekan di bawah pondasibawah atau nilai *vertical strain* sebesar **0,0001898** untuk jenis kerusakan *rutting* dan **0,00005709**, untuk kerusakan *permanent deformation*. Hasil tersebut dianalisis dengan menggunakan Persamaan 7, 8, dan 9 dalam menentukan jumlah repetisi beban dengan menganalisis *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation*. Untuk lebih jelasnya hasil perhitungannya dapat dilihat dibawah ini.

a. Perhitungan nilai Nf dan Nd

Menghitung nilai Nf untuk *fatigue cracking* dengan Persamaan 7.

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,291} (E_1)^{-0,854}$$

$$N_f = 0,0796 (0,0001189)^{-3,291} (1200000)^{-0,854}$$

$$N_f = 1.254.596.962 \text{ ESAL}$$

Menghitung nilai Nd untuk *rutting* dengan Persamaan 8.

$$N_d = f_4 (\epsilon_c)^{-f^5}$$

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (0,000189)^{-4,477}$$

$$N_d = 62.690.325,93 \text{ ESAL}$$

Menghitung nilai Nd untuk *permanent deformation* dengan Persamaan 9.

$$N_d = f_4 (\epsilon_c)^{-f^5}$$

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (0,00005709)^{-4,477}$$

$$N_d = 13.583.551.662 \text{ ESAL}$$

Berdasarkan hasil analisa di atas, evaluasi tebal perkerasan dengan program *KENPAVE* dilanjutkan sampai mendapatkan jumlah repetisi beban berdasarkan nilai tegangan dan regangan, sehingga analisa beban lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11 rekapitulasi hasil kontrol beban dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 10.
Analisa Beban Lalu Lintas

Beban Lalulintas rencana (Nr)	Rekapitulasi (ESAL)	Analisis Beban Lalulintas
40.222.199,20 ESAL	Nf 1.254.596.962	Nf > Nr (Ya)
40.222.199,20 ESAL	Nd 62.690.325,9	Nd > Nr (Ya)
40.222.199,20 ESAL	Nd 13.583.551.662	Nd > Nr (Ya)

Tabel 11
Rekapitulasi Hasil Kontrol Beban

Alternatif	Beban Lalulintas Rencana (Nr)	Repetisi Beban (ESAL)	Keterangan
Kondisi Eksisting	40.222.199,20 ESAL	Nf 54.977.284,69	Nf < Nr (Tidak)
	40.222.199,20 ESAL	Nd 241.509.707,29	Nd > Nr (Ya)
	40.222.199,20 ESAL	Nd 13.583.551.662	Nd > Nr (Ya)
1	40.222.199,20 ESAL	Nf 1.720.450.164	Nf > Nr (Ya)
	40.222.199,20 ESAL	Nd 56.641.261,90	Nd < Nr (Tidak)
	40.222.199,20 ESAL	Nd 3.220.073.603	Nd > Nr (Ya)
2	40.222.199,20 ESAL	Nf 63.964.539,96	Nf < Nr (Tidak)
	40.222.199,20 ESAL	Nd 984.000.531,7	Nd < Nr (Ya)
	40.222.199,20 ESAL	Nd 85.695.168,66	Nd > Nr (Ya)
3	40.222.199,20 ESAL	Nf 1.254.596.962,27	Nd > Nr (Ya)
	40.222.199,20 ESAL	Nd 86.763.126,95	Nf < Nr (Tidak)
	40.222.199,20 ESAL	Nd 7.844.541.017,18	Nd < Nr (Ya)

- 2) Parameter untuk Kontrol Prediksi Umur Pelayanan Jalan
Berdasarkan Tabel 11 rekapitulasi hasil kontrol beban diatas diketahui bahwa pada empat (4) alternatif tersebut diperoleh hasil bahwa tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan yang direncanakan di prediksi mengalami kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting* dengan $N_f < N_r$ serta $N_d < N_r$ dengan beragam nilai umur sisa perkerasanya, karena nilai repetisi beban yang dihasilkan melebihi nilai beban lalulintas. Sehingga, tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan yang direncanakan tidak aman dan tidak mampu menahan beban selama umur rencana. Maka dari itu empat (4) alternatif tersebut dikontrol Prediksi Umur Pelayanan Jalan untuk mengetahui pada tahun ke berapa jalan tersebut rusak.
- 3) *CESA5* dengan prediksi pertumbuhan lalulintas sebanyak 4% per tahun
Setelah menemukan hasil kerusakan dari *Kenpave*, maka yang dilakukan selanjutnya adalah memprediksi penambahan umur lalulintas sebesar 4% setiap tahunnya sebagai acuan kerusakan *Rutting* dan *Fatigue Cracking* (N_r), perhitungan tersebut dimulai dari tahun 2016, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut.
- $$\begin{aligned} \text{Penambahan} &= CESA_5 \times R \\ &= 40.22 \times 10^6 \times (1 + 0,04)^1 \\ &= 41.828.800,00 \text{ESAL} \end{aligned}$$

Perhitungan pada kerusakan *Rutting* dan *Fatigue Cracking* (N_r) pada tahun selanjutnya dapat dilihat pada Hasil rekapitulasi kerusakan *Rutting* dan *Fatigue Cracking* (N_r) Tabel 12 di bawah ini.

Tabel 12

Prediksi Penambahan Lalulintas 4% Per Tahun Sebagai Acuan Kerusakan *Rutting* dan *Fatigue Cracking* (N_r)

Tahun ke	Penambahan 4% per tahun (ESAL)
1	41,828,800.00
2	43,501,952.00
3	45,242,030.08
4	47,051,711.28
5	48,933,779.73
6	50,891,130.92
7	52,926,776.16
8	55,043,847.21
9	57,245,601.10
10	59,535,425.14
11	61,916,842.14
12	64,393,515.83
13	75.969.256,46
14	89.648.026,72
15	122.433.947,79
16	196.331.305,70
17	280.344.557,93
18	331.478.340,25
19	390.229.006,07
20	463.133.285,80

- 4) Kontrol prediksi umur pelayanan jalan
Dari hasil analisis program *KENLAYER* didapatkan bahwa perkerasan Jalan Jogja-Solo kilometer 14+800 – 16+800, ruas jalan Janti-Prambanan akan mengalami kerusakan *fatigue cracking* setelah dilewati beban repetisi sebanyak 1.720.450.164 *ESAL*,

kerusakan *rutting* setelah dilewati beban repetisi sebanyak 56.641.261,90 *ESAL*, dan *permanent deformation* setelah dilewati beban repetisi sebanyak 3.220.073.603 *ESAL*.

Sebagai kontrol prediksi umur pelayanan maka akan digunakan kerusakan yang memiliki daya tahan paling sedikit setelah dilewati beban repetisi yaitu kerusakan *fatigue cracking* ($N_d < N_r$). Lalu dibandingkan dengan prediksi pertumbuhan lalulintas sebanyak 4% setiap tahunnya, *CESA* harus kurang dari N_r . Maka hasil prediksi pertumbuhan lalulintas sebanyak 4% setiap tahunnya menunjukkan kerusakan terjadi pada tahun ke 9.

Dari alternatif di atas, diketahui bahwa jalan mengalami kerusakan yang lebih cepat dari umur rencana yaitu pada umur jalan ke 9 tahun, oleh karena itu dilakukan kontrol menggunakan beban 10.000 kg sesuai di lapangan.

CESA dengan nilai beban gandar standar 10 ton = 10.000 kg

Simulasi *CESA* dengan menggunakan beban sebesar 10.000 kg dari prediksi beban yang sesuai di lapangan. Penambahan beban dilakukan menggunakan *Kenpave* dan di bantu menggunakan sub program *Kenlayer* untuk menemukan nilai tegangan dan regangan seperti beban 8160 kg. Adapun hasil rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 13 berikut.

Tabel 13

Rekapitulasi Hasil Perhitungan *KENLAYER* Beban 10.000 kg

Beban	<i>Vertical Strain</i> 19,9997 cm (kPa)	<i>Vertical Strain</i> 50,0003 cm (kPa)	<i>Tangential Strain</i> 19,9997 cm
	0,0002670	0,00002139	0,0000111
	0,0000145	0,0000344	0,0001957
	0,000049	0,0001399	0,00003204
MAX	0,0002670	0,0001399	0,0001957

Untuk perhitungan nilai NF, ND dan ND deformasi beban 10.000kg, yaitu:

NF Titik *cracking* = 785.080.823,28 *ESAL*

ND *Rutting* = 52.594.657,08 *ESAL*

ND *Deformation* = 245.644.329,70 *ESAL*

5) Prediksi umur pelayanan Jalan

Prediksi umur pelayanan jalan menggunakan N_d sebagai batas maksimum beban repetisi dari 8160 kg dan 10.000 kg, hasilnya sebagai berikut 52.594.657,08 *ESAL* untuk beban 10.000 kg dan 56.641.261,90 *ESAL* untuk beban 8160 kg.

Maka diketahui dengan menggunakan beban 10.000 kg menyebabkan jalan bertahan hanya selama 7 tahun dari kerusakan, sedangkan menggunakan beban 8160 kg jalan bertahan bisa selama 9 tahun.

6) Penambahan tebal lapisan (*Overlay*)

Penambahan tebal lapisan melalui program mekanistik empiris dengan syarat hasil dari *Kenpave* harus mendekati hasil kerusakan pada umur 9 tahun, sehingga didapatkan tebal lapis tambahannya. Berikut Tabel 14 Rekapitulasi penambahan tebal perkerasan 7 sampai 9 cm yang didapat hasil dari *Kenpave* mendekati kerusakan pada umur 9 tahun

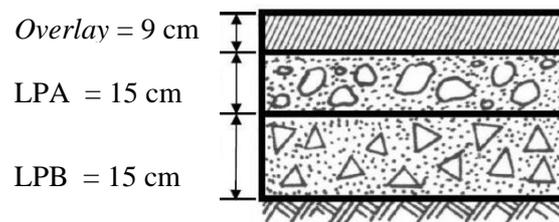
Tabel 14

Rekapitulasi Penambahan Tebal Perkerasan 7 Sampai 9 Cm Yang Didapat Hasil Dari *Kenpave* Mendekati Kerusakan Pada Umur 9 Tahun

Penambahan Tebal Perkerasan (Overlay)	Nf Titik <i>Cracking</i> (ESAL)	Nd <i>Rutting</i> (ESAL)	Nd <i>Deformation</i> (ESAL)
7 cm	592.042.593,06	49.593.111,93	365.724.131,51
8 cm	719.798.504,16	54.287.797,20	470.438.166,28.
9 cm	857.968.875,69	56.838.722,27	590.729.174,65

Berdasarkan Tabel 14 diatas bahwa Penambahan tebal lapisan melalui program mekanistik empiris dengan syarat hasil dari *Kenpave* harus mendekati hasil kerusakan pada umur 9 tahun sehingga ditemukan penambahan tebal sebesar 9 cm , dengan hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Nf Titik } \textit{cracking} &= 719.798.504,16 \text{ ESAL} \\ \text{Nd } \textit{Rutting} &= 56.838.722,27 \text{ ESAL} \\ \text{Nd } \textit{Deformation} &= 470.438.166,28 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

**Gambar 11.** Desain Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Program *KENPAVE*

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis prediksi umur pelayanan jalan akibat beban *overloading* menggunakan metode mekanistik empirik pada studi kasus Jalan Jogja – Solo km 14+800 – 16+800, Yogyakarta dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Nilai *Surface Distress Index (SDI)* dan *International Roughness Index (IRI)* pada ruas jalan jogja-solo menunjukkan bahwa jalan tersebut dengan kondisi rusak ringan dan kondisi yang sedang.
- Pada ruas Jalan Jogja-Solo hasil penilaian kondisi dan jenis penanganan Bina Marga 2011 bahwa jalan tersebut mengalami kondisi Rusak Ringan dan memerlukan program penanganan Pemeliharaan Berkala.
- Penurunan Umur Pelayanan Jalan Akibat Prediksi Penambahan Pertumbuhan Lalulintas Sebesar 4% per Tahun. Penurunan umur pelayanan jalan akibat beban 10.000 kg kemudian di lakukan penambahan tebal sebesar 9 cm agar memenuhi pelayanan jalan pada umur 12 tahun.
- Berdasarkan ketebalan lapis tambah (*overlay*) berdasarkan metode SKBI 1987 didapatkan setebal 11,5 cm, sedangkan tebal lapis tambah (*overlay*) berdasarkan metode Bina Marga 2013 didapatkan tebal lapis tambah (*overlay*) sebesar 10 cm, serta tebal lapis tambah (*overlay*) berdasarkan metode mekanistik-empirik menggunakan program *KENPAVE* didapatkan tebal lapis tambah (*overlay*) sebesar 9 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfianti, F dan Mahardi, P. (2017). ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN BINA MARGA 2013 DAN AASHTO 1993 (STUDI KASUS : RUAS JL. KALIANAK OSOWINANGUN, KECAMATAN BENOWO, SURABAYA). *Jurnal Teknik Sipil. Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. Vol. 3 No. 3/REKAT/17. Universitas Negri Surabaya. Surabaya.
- Aprilia, Carolina. (2016). ANALISIS PERANCANGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE EMPIRIK (AASHTO 1993) DAN MEKANISTIK-EMPIRIK (PROGRAM KENPAVE). Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, (1987). PERATURAN PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA BERDASARKAN METODE ANALISA KOMPONEN BINA MARGA (SKBI.2.3.26.1987), Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1990). TATA CARA PENYUSUNAN PROGRAM PEMELIHARAAN JALAN KOTA (No. 018/T/ BNKT/ 1990), Direktorat Jendral Bina Marga, Direktur Pembinaan Jalan Kota, Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1995). PEDOMAN TEKNIS PERENCANAAN TEKNIS DAN PERENCANAAN PROGRAM JALAN KABUPATEN (No.013/T/Bt/1995), Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia
- Direktorat Jenderal Bina Marga, (2011). MANUAL KONSTRUKSI DAN BANGUNAN, NO.001- 01/M/BM/2011A, Survei Kondisi Jalan untuk Pemeliharaan Rutin, Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Dinata, D.I. (2017/). EVALUASI TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE KOMPONEN BINA MARGA 2013 DAN AASHTO 1993 MENGGUNAKAN PROGRAM KENPAVE (STUDI KASUS : JL. KARANGMOJO-SEMIN STA. 0+000 –STA. 4+500). *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Huang, Y.H. (2004). PAVEMENT ANALYSIS AND DESIGN, 2nd ed. Pearson Education. United States of America. USA.
- Martedi, Ikhananto. (2013). METODE PELAKSANAAN PENAMBAHAN LAPIS OVERLAY PADAPROYEK REHABILITAS MINOR JL. YOGYAKARTA – PIYUNGAN DENGAN BINA MARGA *Tugas Akhir*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sukirman. S. (1999). PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA. Erlangga. Jakarta.
- Simanjuntak, I.L, (2014). EVALUASI TEBAL LAPIS PERKERASAN LENTUR MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN NO. 22.2/KPTS/DB/2012 DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM KENPAVE, *Tugas Akhir*, (Diterbitkan), Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Wulandari, Widya. (2017). PREDIKSI KEBUTUHAN BIAYA INVESTASI TAMBAHAN AKIBAT PENINGKATAN KELAS JALAN PADA PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN METODE MEKANISTIK EMPIRIS. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.