



## Evaluasi Kondisi Perkerasan Metode dan Prediksi Nilai Sisa pada Jalan Hertasning – Jalan Yasin Limpo Kota Makassar

Andi Irvan \*

Universitas Islam Indonesia

Email : [andi.irv4n@gmail.com](mailto:andi.irv4n@gmail.com) \*

**Abstract.** This study uses primary data in the form of types of damage identified through direct surveys in the field and the thickness of the existing pavement layer carried out by asphalt test-pit testing. The secondary data obtained from the Makassar City Public Works Agency in the form of road pavement data, LHR 2021-2023, CBR, and deflection data in 2023. The results of the analysis show that the condition of Jalan Hertasning - Jalan Yasin Limpo with the pavement on the section is classified as fair with the highest PCI value of 77 in the excellent rating and the lowest of 22 in the very poor rating. The analysis of the new pavement was carried out using the 2017 Bina Marga method, the thickness of the AC-WC layer is 4 cm, AC-BC is 6 cm thick, AC-Base is 8 cm thick, Class A Foundation Layer is 30 cm thick, and Class S additional Foundation Layer is 20 cm thick. Through the mechanistic-empirical method of the KENPAVE program, it shows that the additional pavement layer (overlay) of the Hertasning Street to Yasin Limpo Street section for fatigue cracking damage is 0.0001992 with a load repetition value of 1,441,176 ESAL. The remaining value of the 20-year design life, obtained the thickness of the AC-WC pavement layer of 4 cm, the AC-BC layer of 6 cm, the AC-Base layer of 8 cm, and for the Class A upper foundation layer of 30 cm and an additional layer with Class S aggregate of 20 cm thick which is placed under the Class A Foundation Layer. Meanwhile, based on the KENPAVE program, it shows that during the 20-year design life, the pavement can withstand the load without damage because the load repetition control value is greater than the planned LHR value (Nr). The remaining design life value on Jalan Hertasning to Jalan Yasin Limpo using the Bina Marga 2017 method shows that the planned thickness of the new pavement layer is given an additional layer because the soil bearing capacity is less than 6% so that it is necessary to provide embankment material as a form of soil improvement for the minimum road foundation design in Bina Marga 2017.

**Keywords:** CBR, excellent, Jalan Yasin Limpo, very poor

**Abstrak.** Penelitian ini menggunakan data primer berupa jenis kerusakan yang diidentifikasi melalui survei secara langsung di lapangan dan tebal lapis perkerasan existing yang dilakukan dengan pengujian test-pit aspal. Adapun data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Makassar berupa data perkerasan jalan, LHR 2021-2023, CBR, dan data lendutan tahun 2023. Hasil analisis menunjukkan kondisi Jalan Hertasning – Jalan Yasin Limpo dengan perkerasan pada ruas tersebut tergolong pada kondisi sedang (*fair*) dengan nilai PCI tertinggi sebesar 77 dalam rating *excellent* dan terendah sebesar 22 dalam rating *very poor*. Analisis perkerasan baru dilakukan dengan metode Bina Marga 2017, tebal lapis AC-WC sebesar 4 cm, AC-BC setebal 6 cm, AC-Base setebal 8 cm, Lapis Pondasi Kelas A setebal 30 cm, dan Lapis Pondasi tambahan Kelas S setebal 20 cm. Melalui metode mekanistik-empirik program KENPAVE, menunjukkan lapis perkerasan tambahan (*overlay*) ruas Jalan Hertasning hingga Jalan Yasin Limpo untuk kerusakan *fatigue cracking* adalah sebesar 0,0001992 dengan nilai repitisi beban 1.441.176 ESAL. Nilai sisa umur rencana 20 tahun, diperoleh tebal perkerasan lapis AC-WC sebesar 4 cm, lapis AC-BC sebesar 6 cm, lapis AC-Base sebesar 8 cm, dan untuk lapis pondasi atas Kelas A setebal 30 cm serta lapis tambahan dengan agregat Kelas S setebal 20 cm yang diletakkan dibawah Lapis Pondasi Kelas A. Sementara berdasarkan program KENPAVE menunjukkan bahwa selama umur rencana 20 tahun, perkerasan dapat menahan beban tanpa terjadi kerusakan karena nilai kontrol repetisi beban lebih besar dibandingkan dengan nilai LHR rencana (Nr). Nilai sisa umur rencana pada Jalan Hertasning hingga Jalan Yasin Limpo dengan metode Bina Marga 2017 menunjukkan rencana tebal lapis perkerasan baru ini diberikan lapis tambahan karena daya dukung tanah yang kurang dari 6% sehingga perlu diberikan material timbunan sebagai bentuk dari perbaikan tanah dasar untuk desain fondasi jalan minimum dalam Bina Marga 2017.

**Kata kunci :** CBR, excellent , Jalan Yasin Limpo, very poor

## 1. PENDAHULUAN

Keberadaan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan pembangunan ekonomi dan industri. Diperlukan prasarana transportasi yang baik untuk kemajuan suatu daerah dalam menghubungkan antara dua daerah atau lebih [1]. Sarana prasarana transportasi harus dimaksimalkan sebaik mungkin dari perencanaan, pelaksanaan dan pemeliharaannya. Membangun jalan raya di Indonesia telah mempunyai peraturan serta pedoman dalam perencanaan struktur tebal perkerasan jalan raya yang merupakan hasil modifikasi dan penyesuaian dari negara maju seperti Amerika Serikat, Inggris, dan Australia [2]. Terkait dengan hal ini Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga selalu mengeluarkan standar peraturan mengenai desain manual perkerasan jalan yang terus dikembangkan dan disempurnakan, dengan tujuan untuk memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan dalam berlalu lintas [3].

Di Indonesia meskipun mempunyai peraturan serta pedoman dalam perencanaan struktur tebal perkerasan jalan raya namun masih banyak ruas jalan kabupaten maupun provinsi yang mengalami rusak [4]. Banyak faktor yang menyebabkan hingga jalan raya berlubang atau rusak parah, salah satunya yaitu volume kendaraan yang melewati jalan setiap hari meningkat yang diikuti dengan jumlah penduduk semakin banyak, dan faktor lainnya juga yaitu lapisan tanah mengandung banyak unsur air sangat mempengaruhi pekerasan pada jalan karena semakin banyaknya kandungan air pada tanah maka stabilitas lapisan dasar semakin berkurang [5].

Seperti halnya di Sulawesi Selatan khususnya di kota Makassar masih banyaknya ruas jalan yang kurang mendapatkan perhatian, salah satunya yaitu jalan Hertasning hingga jalan Yasin Limpo yang merupakan salah satu jalan utama yang menghubungkan Kota Makassar dan Kabupaten Gowa setiap harinya di padati oleh arus lalu lintas baik kendaraan roda empat, bus, hingga truk bermuatan banyak. Membuat jalan ini mudah mengalami kerusakan jalan [6]. Selain itu, jalan raya ini lapisan perkerasan mengalami penurunan kestabilan struktur [7]. Menurunnya konstruksi jalan ditandai dengan kerusakan pada lapisan perkerasan jalan, kerusakan yang terjadi juga bervariasi pada setiap segmen di sepanjang ruas jalan dan apabila dibiarkan dalam jangka waktu yang lama, maka akan dapat memperburuk kondisi lapisan perkerasan sehingga dapat mempengaruhi keamanan, kenyamanan, dan kelancaran dalam berlalu lintas [8].

Ruas Jalan Hertasning hingga Jalan Yasin Limpo merupakan jalan arteri primer berfungsi sebagai jalan utama arus lalulintas yang menjadi prasarana yang sangat vital bagi kelancaran lalulintas. Realita bahwa pertumbuhan prasarana transportasi yang ada tidak dapat

mengikuti laju pertumbuhan pemilik kendaraan [9]. Hal ini mengakibatkan volume lalulintas bertambah padat sehingga mengakibatkan kenaikan beban kendaraan. Kenaikan beban kendaraan yang melintasi permukaan jalan menimbulkan beberapa masalah, salah satunya yaitu kerusakan jalan [10].

Diperlukan pemeliharaan perkerasan jalan yang maksimal [11]. Kerusakan jalan yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh peningkatan volume lalulintas serta pembebangan kendaraan yang berulang-ulang, iklim, kondisi tanah dasar yang tidak stabil, sistem drainase yang kurang baik, penyimpangan mutu material konstruksi, dan proses pelaksanaan pekerjaan yang kurang baik [12]. Ruas Jalan Hertasning hingga Jalan Yasin Limpo secara visual terdapat indikasi beberapa jenis kerusakan yang cukup berat [13]. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan evaluasi atau analisis tingkat kerusakan jalan yang terjadi dan alternatif penanganan yang tepat.

Kondisi suatu jalan diperoleh berdasarkan evaluasi yang dilakukan dengan pengamatan secara langsung dilapangan, sehingga diperoleh luas dan jenis kerusakan yang terjadi dilapangan. Berdasarkan pengamatan awal yang telah dilakukan, terdapat beberapa kerusakan yang terlihat cukup parah dan membuat para pengendara yang melewati jalan tersebut cukup hati-hati dalam berkendara sehingga membuat kemacetan yang cukup panjang diakibatkan karena penurunan kecepatan berkendara pada saat melewati jalan tersebut. Menggunakan metode *Pavement Condition Index (PCI)* untuk mengetahui kondisi perkerasan yang terjadi pada Jalan Hertasning hingga Jalan Yasin Limpo. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi dan jenis kerusakan pada perkerasan lentur dengan menggunakan rentangan nilai dari 0 sampai 100 [14].

Terkait dengan hal tersebut, maka perhitungan tebal perkerasan jalan menggunakan metode PCI dianggap perlu agar ada solusi dan acuan pemerintah untuk melakukan pemeliharaan atau perbaikan jalan. Menganalisis jenis-jenis kerusakan secara mendetail pada jalan dan penyebab kerusakannya serta menghitung beban lalu lintas dan volume lalu lintas. Banyak dilalui masyarakat setempat, tetapi jalan tersebut masih banyak terdapat kerusakan yang membahayakan pengendara yang melewatinya.

*Pavement Condition Index (PCI)* digunakan untuk mengetahui kerusakan pada suatu jalan dengan penilaian indeks numerik yang nilainya berkisar dari 0 sampai 100 [15]. Nilai 0 pada *PCI*, menunjukkan nilai perkerasan kondisi gagal (*failed*) sedangkan nilai 100, menunjukkan nilai perkerasan kondisi sempurna (*excellent*). Metode *PCI* didasarkan pada survei secara langsung atau secara visual dilapangan [16]. Perkerasan jalan raya penting untuk jalur parkir dengan pengembangan tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan dan daya tahan

tertentu untuk memiliki pilihan pengangkutan beban masuk yang dilindungi ke tanah dasar [17]. Jalan black-top adalah lapisan black-top yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang secara efektif memberikan berbagai bantuan kepada administrasi transportasi dan selama jangka waktu bantuan tersebut diyakini tidak akan terjadi kerugian yang besar [18].

Program *KENPAVE* merupakan suatu *software* desain perencanaan perkerasan yang dikembangkan menggunakan Bahasa pemrograman *Visual Basic* [19]. Program *KENPAVE* ini dioperasikan dengan *windows* versi 95 atau diatasnya. Program *KENPAVE* ini dibagi menjadi empat program yaitu *LAYERINP*, *KENLAYER*, *SLABINP* dan *KENSLAB*. Perbedaan dari empat program ini adalah untuk *LAYERINP* dan *KENLAYER* merupakan program untuk menganalisis perkerasan lentur berdasarkan pada teori sistem lapis banyak, sedangkan *SLABINP* dan *KENSLAB* merupakan program untuk menganalisis perkerasan kaku yang berdasarkan metode elemen [20].

Pada penelitian ini menggunakan program bagian *LAYERINP* dan *KENLAYER* yaitu program analisis yang menghitung sistem banyak lapis (*multi layers*) pada perkerasan lentur. Program *KENLAYER* ini dapat digunakan untuk mengetahui nilai regangan, tegangan dan lendutan terhadap permukaan perkerasan akibat beban tertentu [21].

1. Tegangan yaitu intensitas internal dalam struktur perkerasan pada berbagai titik dengan satuan ( $N/m^2$ , Pa atau Psi).
2. Regangan yaitu rasio perubahan bentuk dari bentuk asli ( $mm/mm$  atau  $in/in$ ), karena regangan di dalam perkerasan nilainya sangat kecil sehingga dinyatakan dalam *microstrain* ( $10^{-6}$ ).
3. Defleksi/lendutan, yaitu perubahan linier dalam suatu bentuk yang dinyatakan dalam satuan panjang ( $\mu m$  atau inch atau mm).

Selanjutnya Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 *overlay*, bertujuan untuk memperbaiki fungsi jalan misalnya penanganan bentuk permukaan, kenyamanan dan perbaikan lain pada permukaan jalan yang sifatnya non struktural [22]. Pada penelitian ini, menggunakan pendekatan berdasarkan lendutan maksimum ( $D_0$ ) untuk menentukan ketebalan *overlay*. Data lendutan ini diperoleh berupa *input* data lendutan dari alat *Benkelman Beam*. *Benkelman Beam* adalah alat yang digunakan untuk uji lendutan perkerasan lentur yang akan digunakan dalam Analisa struktur perkerasan. Prinsip pengukuran lendutan dengan alat *Benkelman Beam* adalah dengan pemberian beban statik pada sumbu tinggal belakang beroda ganda dari sebuah kendaraan pada permukaan perkerasan. *Remaining life* menentukan penyusutan dari umur rencana yang terjadi karena faktor beban kendaraan yang melintas.

Seharusnya masa layan jalan habis sesuai dengan umur rencana yang sudah ditentukan, tetapi tidak bisa dipungkiri bahwa kendaraan yang melintas terkadang membawa beban yang melebihi dari beban yang seharusnya [23]. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan agar dapat diketahui seberapa jauh atau seberapa cepat masa layan jalan tersebut habis. Perhitungan untuk nilai sisa umur rencana ini dilakukan pada kondisi perkeraaan eksisting dan *overlay*.

## 2. METODE

Metode studi ini didukung oleh suatu survei atau studi kasus di lapangan menggunakan perhitungan *pavement condition index* (PCI) dengan menggunakan teknik *deduct values* yang dilaksanakan pada Jalan Hertasning sampai dengan Jalan Yasin Limpo.



**Gambar 1 Lokasi Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo**

Gambar di atas memperlihatkan lokasi Jalan Hertasning sampai dengan Jalan Yasin Limpo yang merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan Kota Makassar dan Kabupaten Gowa. Hal ini terlihat jalan pada STA 0+000 dan STA 7+110.



**STA 0+000**



**STA 7+110**

Penelitian ini menggunakan alat : 1) alat tulis, berupa *ball point*, pensil, formular survey dan lain-lain; 2) meteran, mengukur stasioning, panjang, lebar dan kedalaman kerusakan jalan. Jenis meteran yang digunakan berupa meteran 50 meter, meter dorong dan 5 meter; dan 3) kamera, untuk dokumentasi selama penelitian atau pengambilan data. Tahap pengumpulan

data dari tahap awal, tahap persiapan dan evaluasi ini sangat penting karena dari sini dapat ditentukan permasalahan yang akan diketahui tingkat kerusakannya.

Pengumpulan data dalam penelitian ini adalah data yang di ambil dari data primer dan sekunder untuk menjadi bahan penelitian, berikut ini data primer dan sekunder yang diperlukan, data primer didapat pada pengamatan data survei di lapangan, alat yang digunakan yaitu alat tulis, meteran, kamera, cat semprot. Data yang diperlukan yaitu pengukuran jenis kerusakan dan dimensi kerusakan jalan, data hasil dari survei lapangan, pencatatan titik lokasi kerusakan dan data lendutan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait, berikut data yang diperlukan yaitu data panjang jalan dan data kondisi jalan.

Penilaian kondisi jalan sebelum menghitung tebal perkerasan menggunakan data *pavement condition index* (PCI) yaitu pengukuran kuantitas jenis kerusakan; menentukan tingkat kerusakan jalan biasa (*low*), sedang (*medium*), parah (*high*); menentukan kadar kerusakan (*density*); analisis kerusakan dan nilai sisa; menentukan nilai pengurang (*deduct value*), sesuai dengan pembacaan kurva dv; menentukan Total *Deduct Value* (TDV); menentukan *Correted Deduct Value* (CDV), sesuai dengan pembacaan grafik hubungan TDV dan CDV; menentukan nilai PCI; dan menentukan nilai PCI keseluruhan. Setelah menentukan nilai PCI secara keseluruhan kemudian menghitung tebal perkerasan jalan menggunakan nilai PCI keseluruhan. Untuk memperoleh besarnya nilai tegangan, regangan pada perkerasan *existing* dan perkerasan *overlay*, melakukan analisis data untuk memperoleh nilai sisa umur rencana (*remaining life*), melakukan pembahasan hasil penelitian, melakukan penarikan kesimpulan dan saran.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Nilai Kondisi Kerusakan Jalan dengan Metode PCI

Nilai kondisi kerusakan jalan dengan metode Pavement Condition Index (PCI) diperoleh dari pengamatan secara langsung atau survei kondisi permukaan kerusakan jalan di setiap unit segmen.

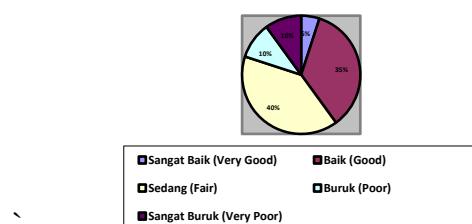
**Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Density Rerata Ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo**

Jenis Kerusakan	Nilai Density (%)
Retak Kulit Buaya (Alligator Cracking)	16,23
Amblas (Depression)	0,00
Retak Pinggir (Edge Cracking)	0,11

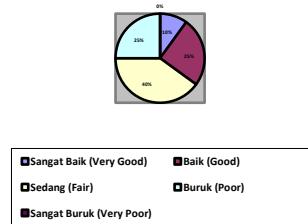
Lubang (Pothole)	0,05
Tambalan (Patching End Utility Cut Patching)	13,90
Agregat Licin (Polished Aggregate)	0,05
Bahu Jalan Turun (Shoulder Drop Off)	0,07
Retak Memanjang/Melintang (Transversal/ Longitudinal Cracking)	0,43
Pelapukan & Butir Lepas (Weathering and Raveling)	0,06

Berdasarkan penilaian kondisi perkerasan Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo yang telah dilakukan dengan metode PCI, diketahui persentase nilai PCI setiap segmen pada masing-masing arah. Rating pada arah adalah sedang (fair) dengan nilai persentase PCI sebesar 40%. Terdapat rating sangat baik (*excellent*) pada segmen 5 di ruas arah dengan nilai PCI sebesar 71 serta pada segmen 31 dan 32 di ruas arah Gowa – Makassar dengan nilai PCI sebesar 77 dan 71. Adapun nilai PCI terendah sebesar 22 dengan kategori sangat buruk (*very poor*) pada segmen 15.

Persentase penilaian kondisi jalan terhadap kerusakan pada ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo arah Makassar – Gowa dan sebaliknya diperlihatkan kan pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2. Persentase Rating Nilai  
PCI Arah Makassar – Gowa**



**Gambar 3. Persentase Rating Nilai  
PCI Arah Gowa – Makassar**

Secara keseluruhan, hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan nilai PCI yang diperoleh pada setiap segmen, kondisi perkerasan dari arah Gowa – Makassar lebih baik dibandingkan dengan arah Makassar – Gowa. Kerusakan pada ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo dapat terjadi karena adanya beban berlebih yang melintas, di mana menjadi salah satu jalan alternatif dari Kota Makassar ke Kabupaten Gowa.

Berdasarkan hasil analisis kondisi perkerasan Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo, diperoleh saran perbaikan antara lain berupa tambalan parsial, tambalan di seluruh kedalaman, dan penutupan retak disetiap jenis kerusakan. Adapun dipilih untuk melakukan lapis tambahan

(overlay) dengan mempertimbangkan banyaknya kerusakan yang terjadi pada jalan tersebut, dan solusi berupa tambalan dapat mempengaruhi kenyamanan pengguna jalan karena adanya perbedaan elevasi permukaan dari penambalan itu sendiri. Selain itu, menurut Bina Marga Kota Makassar, jalan tersebut perlu dilakukan lapis tambahan mengingat kondisi tanah yang kurang stabil dan kerusakan yang cukup membahayakan pengguna jalan tersebut.

### Nilai Tebal Lapis Tambahan (Overlay) dengan Metode Bina Marga 2017

Kebutuhan tebal lapis tambahan (overlay) pada kondisi existing di ruas Jalan Hertasning hingga Jalan Yasin Limpo dengan menggunakan Metode Bina Marga 2017. Perhitungan lapis tambahan pada Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo dilakukan dengan menggunakan data berupa LHR dan Lendutan. Umur rencana untuk memperoleh nilai lapis tambahan ini adalah 10 tahun. Selain itu, untuk memperoleh nilai umur sisa perlu dilakukan analisis kondisi lalu lintas pada Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo. Rekapitulasi estimasi perhitungan ESAL dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Estimasi Nilai ESAL**

Gol	Tipe Kendaraan	LHR Tahun 2024	VDF	ESAL <sub>4</sub>
		(smp/hari)		
1	Motor	15.141	0.00	0.00
2	Sedan, jeep, station wagon	2.776	0.00	0.00
3	Pete-pete, minibus	18	0.00	0.00
4	Pick up, mobil hantaran	792	0.00	0.00
5a	Bus kecil	30	0.30	16.474,28
5b	Bus besar	46	1.00	84.201,85
6a	Truk 2 sumbu 4 roda	826	0.55	831.584,79
6b	Truk 2 sumbu uk. Sedang	97	4.00	710.224,30
7a	Truk 3 sumbu	30	4.70	258.096,98
7c	Truk semi-trailer	24	7.60	333.878,64
Jumlah ESAL <sub>4</sub>				2.234.460,83
CESAL <sub>4</sub>				2.23 x 10 <sup>6</sup>

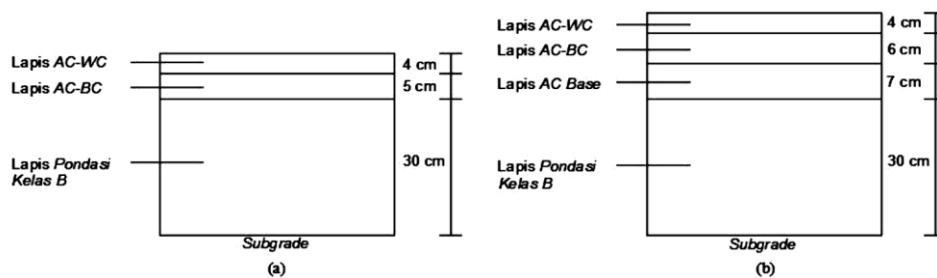
Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh nilai CESAL4 sebesar  $2.23 \times 106$ . Nilai lendutan wakil atau lendutan karakteristik pada Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo adalah sebesar 1,533, maka dapat diketahui nilai tebal lapis tambahan (overlay) berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 3 sebagai berikut.



**Gambar 4. Grafik Nilai Overlay**

Berdasarkan gambar di atas, diperoleh nilai tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan umur rencana 10 tahun pada ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo adalah sebesar 7 cm. Menurut MDPJ 2017 pada Bagan Desain 3, tebal minimum untuk lapis AC-WC adalah sebesar 4 cm dan lapis AC-BC adalah 6 cm. Maka, ditentukan tebal lapis tambahan untuk ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo sama dengan ketentuan tersebut, yaitu penambahan tebal lapis AC-BC sebesar 6 cm.

Adapun tebal minimum menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 untuk lapisan base adalah 7 cm, maka lapisan tersebut dikeruk terlebih dahulu dan dihamparkan kembali setebal 7 cm. sehingga dilakukan pengerukan untuk lapis AC-WC setebal 4 cm pada perkerasan existing kemudian dilakukan penghamparan dan pemadatan untuk lapis AC Base setebal 7 cm, dilanjutkan dengan lapis AC-BC dan kemudian AC-WC. Rencana lapis tambahan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 5 (a) Struktur Lapis Perkerasan Existing Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo, dan (b) Struktur Lapis Perkerasan Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo dengan Lapis Tambahan**

## Analisis Nilai Tegangan dan Regangan berdasarkan Metode Mekanistik – Empirik dengan Program **KENPAVE**

Respon tegangan dan regangan berdasarkan data perkerasan *existing* dan data perkerasan tambahan (*overlay*) dengan menggunakan metode mekanistik-empirik program **KENPAVE**. Hasil analisis perhitungan kebutuhan tebal lapis *overlay* untuk ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo perlu dilakukan pengecekan terhadap beban lalu lintas yang diprediksi akan terus bertambah selama 10 tahun kedepan.

Tidak bisa dipungkiri bahwa kendaraan yang melintas terkadang membawa beban yang melebihi batas seharusnya. Oleh karenanya, perlu dilakukan analisis terhadap perkerasan tersebut dalam melayani beban lalu lintas dengan menggunakan metode mekanistik-empirik yang dilakukan dengan permodelan pada Program **KENPAVE**. Nilai modulus elastis dan poisson ratio tiap lapis pada perkerasan yang diteliti disajikan pada Tabel 3.

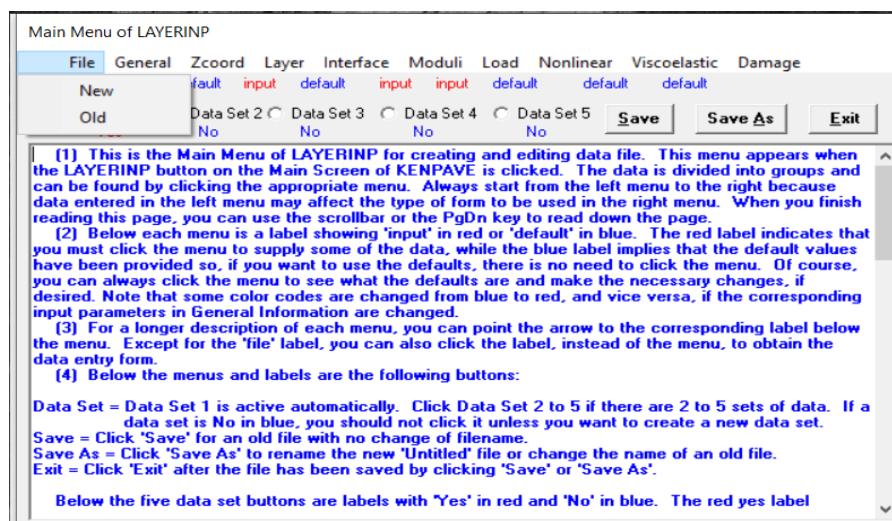
**Tabel 3. Data Input pada Program KENPAVE untuk Overlay**

Lapisan Perkerasan		Modulus Elastis, E (Kpa)	Poisson Ratio	Tebal Perkerasan (cm)
Lapis Berpengikat	AC-WC	1.441.177	0.40	17
	AC-BC			
	AC-Base			
Pondasi Kelas B		315.000	0.35	30
<i>Subgrade</i>		38.900	0.35	$\infty$

Analisis perkerasan untuk memperoleh nilai tegangan dan nilai regangan menggunakan program **KENPAVE** dapat dilihat pada penjabaran dibawah ini.

### a. *Layerinp Input*

Pilih menu Layerinp pada tampilan awal software **KENPAVE**. Kemudian untuk memulai analisis, klik menu “File” lalu klik “New”, lalu data akan terinput otomatis sesuai dengan *setting* software **KENPAVE**.

**Gambar 6 Tampilan Menu Layerinp****b. General**

Pada menu General masukkan data-data seperti pada Tabel 4. berikut.

**Tabel 4. Data Input General**

Istilah	Nilai	Keterangan
MATL	1	Lapis perkerasan yang dianalisis adalah linier
NDAMA	0	Tidak ada analisis kerusakan
NPY	1	Mengikuti KENPAVE
NLG	1	Mengikuti KENPAVE
DEL	0,001	Standar akurasi
NL	3	Lapis perkerasan berpengikat (AC-WC, AC-WCM AC-Base) LP Kelas B, Subgrade
NZ	5	Jumlah titik kerusakan yang dianalisis pada arah z
ICL	80	Mengikuti KENPAVE
NSDT	9	Output berupa <i>vertical displacement</i> , tegangan dan regangan
NBOND	1	Semua lapisan saling terikat
NLBT	0	
NLTC	0	
NUNIT	1	Stauan Standar Internasional (SI)

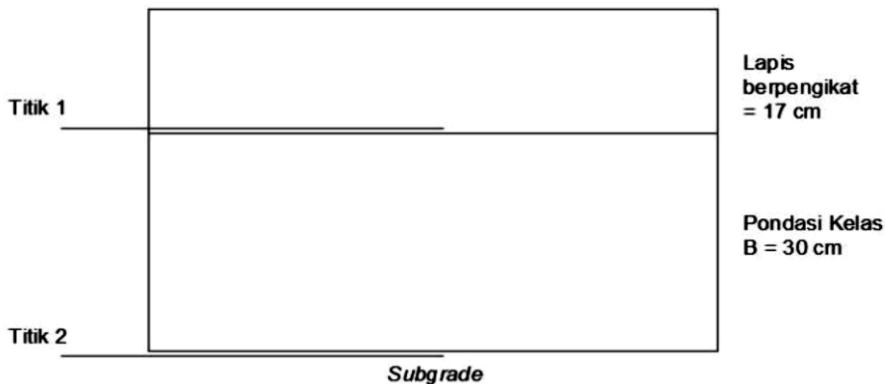
### c. Zcoord

Data yang dimasukkan untuk meninjau kerusakan dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut:

**Tabel 5. Titik Tinjau pada Zcoord**

No	Kedalaman	Keterangan
1	0	Lapis permukaan perkerasan berpengikat
2	16,9997	Titik tinjau 1 ( <i>fatigue cracking</i> )
3	17	Lapis permukaan LPB
4	47	Lapis permukaan <i>subgrade</i>
5	47,0003	Titik tinjau 2 ( <i>deformation</i> )

Terdapat dua titik tinjauan kerusakan, titik 1 merupakan kedalaman tinjauan retak lelah dan kerusakan rutting. Titik 2 adalah kedalaman tinjauan untuk kerusakan deformasi permanen. Pada retak lelah digunakan regangan horizontal dan rutting menggunakan regangan vertikal. Maka terdapat 5 titik yang diinput pada koordinat Z.



**Gambar 6. Letak Titik Tinjauan**

### d. Layer

Jumlah layer pada menu ini sama dengan jumlah NL yang telah diinput pada menu General. Nilai poisson ratio diperoleh dari MDPJ 2017 yang disajikan pada Tabel 6. berikut.

**Tabel 6. Data Input pada Menu Layer**

Layer No.	Tebal Perkerasan (cm)	Passion Ratio
1	17	0,40
2	30	0,35
3	$\infty$	0,35

**e. *Moduli s***

Pada menu Moduli digunakan untuk memasukkan parameter perkerasan berupa modulus elastis yang diperoleh dari MDPJ 2017 dan dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

**Tabel 7. Nilai Modulus Elastis Setiap Lapis**

Layer No.	Modulus Elastis, E (Kpa)
1	1.441.177
2	315.500
3	38.900

**f. *Load***

Data beban gandar yang diterima perkerasan dimasukan pada menu *Load*.

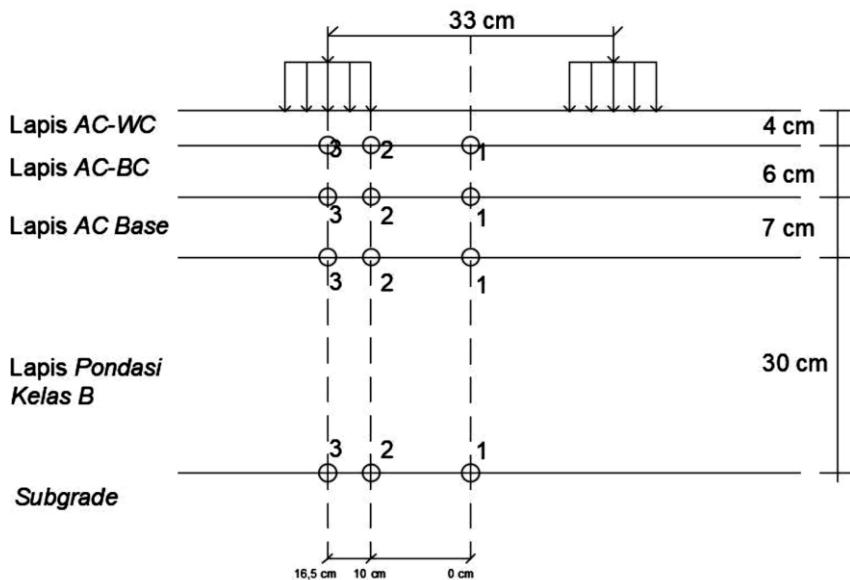
- 1) Load : 1 (*single axle load, double axle wheel*), dengan beban sumbu standar 8,16 ton.
- 2) CR : 11 cm (jarak antar ban)
- 3) CP : 550 kPa (tekanan ban)
- 4) YW : 33 cm (jarak antar roda arah Y)
- 5) XW : 0 cm (jarak antar roda arah X)
- 6) NPT : 3

Terjadi pengulangan beban dengan tinjauan yang berbeda sehingga nilai NPT adalah 3.

Nilai koordinat NPT dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 7 di bawah.

**Tabel 8. Koordinat NPT**

X	0	0	0
Y	0	10	16.5



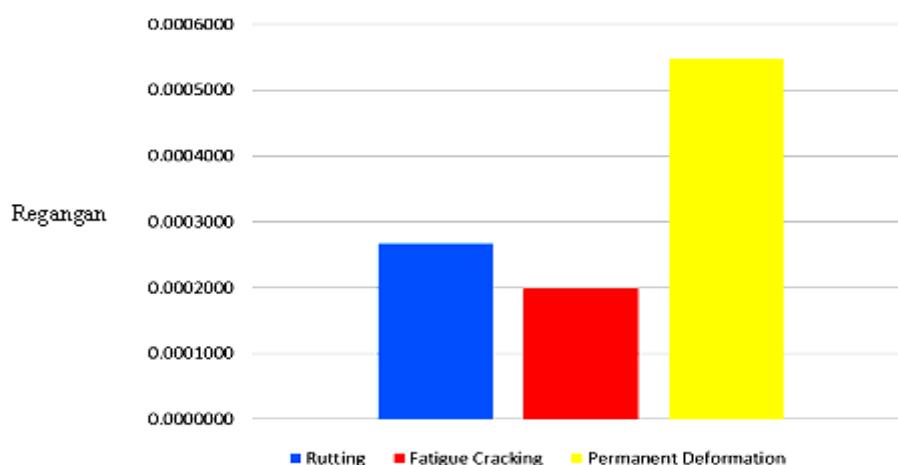
**Tabel 7. Koordinat Tinjauan Berdasarkan Jenis Roda**

Output dari hasil analisis dengan *KENLAYER* berupa nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada perkerasan lentur. Hasil output pada setiap tebal lapisan pada Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo dapat dilihat pada Tabel 9:

**Tabel 9. Nilai Vertical Strain dan Tangential Strain pada Lapis Perkerasan Tambahan (Overlay)**

No. Koordinat	Vertical Strain pada Kedalaman 16.9997	Horizontal Strain pada Kedalaman 16.9997	Vertical Strain pada Kedalaman 47.0003
1	0,0002674	0,0001988	0,0005089
2	0,0002119	0,0001992	0,0005428
3	0,0001778	0,0001943	0,0005486
Maksimum	0,0002674	0,0001992	0,0005486

Metode mekanistik-empirik pada penelitian ini digunakan untuk memperoleh nilai tegangan-regangan dengan menggunakan pemodelan *LAYERINP* dan *KENLAYER* yang memerlukan beberapa parameter input pada software *KENPAVE*. Seain itu, metode ini dapat digunakan untuk memperoleh nilai sisa umur layan dari ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo. Dari hasil analisis yang telah dilakukan dengan software *KENPAVE*, diperoleh nilai tegangan-regangan yang menjadi parameter penting untuk mengetahui sejauh mana perkerasan tersebut mampu menahan beban yang melintas di atasnya. Adapun nilai regangan dan dari hasil analisis untuk lapis tambahan dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



**Gambar 8. Nilai Regangan Lapis Tambahan Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo**

Berdasarkan uraian di atas diketahui pada ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo diperoleh nilai regangan tarik pada bagian bawah lapis AC-Base adalah sebesar 0,0001992 untuk analisis jenis kerusakan fatigue cracking dengan nilai repetisi beban sebesar 150.843.548 ESAL. Adapun diperoleh nilai regangan tekan sebesar 0,0002674 untuk analisa kerusakan rutting dengan nilai repetisi beban sebesar 12.756.196 ESAL. Kemudian nilai regangan tekan di lapisan subgrade adalah sebesar 0,0005486 untuk analisis deformation dengan nilai repetisi beban sebesar 531.640 ESAL. Maka, berdasarkan hasil dari analisis beban yang telah dilakukan menggunakan *KENPAVE* diketahui pada lapis perkerasan tambahan (*overlay*) ini ternyata tidak mampu mengakomodasi beban sampai tahun ke-10 sesuai dengan rencana karena sudah mengalami penurunan kinerja dengan terjadinya kerusakan deformasi pada lapisan tanah dasar di tahun ke-2 dan terjadi kerusakan rutting pada tahun ke-9. Terjadi kerusakan pada lapis subgrade pada tahun ke-2 karena repetisi beban yang melintas jalan tersebut lebih tinggi dibanding dengan dengan LHR Rencana (Nr). Oleh karenanya dipilih opsi penanganan lain berupa rekonstruksi perkerasan jalan.

### **Nilai Sisa Umur Rencana pada Jalan Hertasning hingga Jalan Yasin Limpo dengan Metode Bina Marga 2017 dan Program *KENPAVE***

#### **1. Metode Bina Marga 2017**

Menurut Bina Marga (2017), umur rencana untuk jenis penanganan berupa rekonstruksi adalah 20 tahun untuk jalan dengan beban lalu lintas antara 0,5 - <30 juta ESA<sup>4</sup>. Maka, pada analisis kebutuhan tebal lapis perkerasan Jalan Haryadi untuk rekonstruksi direncanakan untuk umur layan 20 tahun. Rekapitulasi estimasi perhitungan ESAL dapat dilihat pada tabel 10 sebagai berikut:

**Tabel 10. Estimasi Nilai ESAL**

Gol	Tipe Kendaraan	VDF <sub>5</sub>	LHR 2024	ESAL <sub>5</sub>
1	Motor	0.00	15.141	0.00
2	Sedan, jeep, station wagon	0.00	2.776	0.00
3	Pete-pete, minibus	0.00	18	0.00
4	Pick up, mobil hantaran	0.00	792	0.00
5a	Bus kecil	0.20	30	22.016,07
5b	Bus besar	1.00	46	168.789,87
6a	Truk 2 sumbu 4 roda	0.50	826	1.515.439,49
6b	Truk 2 sumbu uk. Sedang	5.10	97	1.815.224,97
7a	Truk 3 sumbu	6.40	30	704.514,24
7c	Truk semi-trailer	10.20	24	898.255,66
		<i>ESAL<sub>5</sub></i>	5.124.240,29	
		<i>CESAL<sub>5</sub></i>	$5.1 \times 10^6$	

- Pemilihan jenis struktur perkerasan. Struktur perkerasan yang digunakan dalam analisis ini ditentukan berdasarkan Tabel 3.25. Dari tabel tersebut maka digunakan struktur perkerasan AC dengan lapis pondasi berbutir dengan  $ESA_5$  sebesar  $5.1 \times 10^6$ .
- Segmen tanah dasar berdasarkan data CBR rerata tanah dasar dari ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo adalah sebesar 4.14%. Untuk memperoleh nilai CBR rencana maka ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} CBR_{\text{design}} &= CBR \text{ rerata} - f \times SD \\ &= 4.14 - 1.282 \times 0.19 \\ &= 3.89\% \end{aligned}$$

- Menentukan struktur pondasi perkerasan, hal ini berdasarkan tanah dasar ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo masuk kedalam kelas SG4 sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan material timbunan yang memiliki kualitas lebih baik setebal 20 cm.
- Menentukan struktur perkerasan, dilihat dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka struktur lapis perkerasan yang baru pada ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo adalah sebagai berikut.

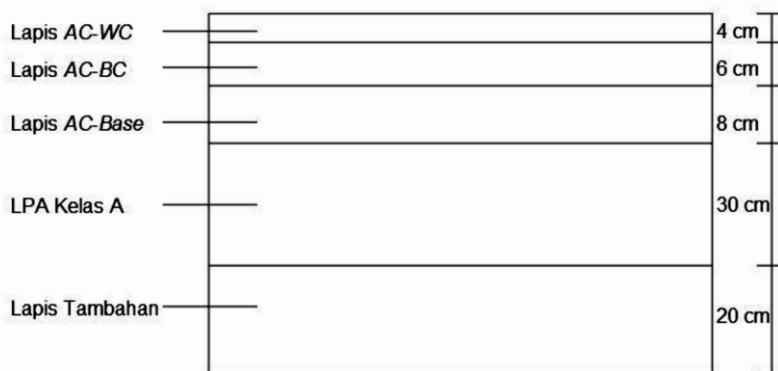
$$AC-WC = 4 \text{ cm}$$

$$AC-BC = 6 \text{ cm}$$

$$AC-\text{Base} = 8 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{ll} \text{LPA Kelas A} & = 30 \text{ cm} \\ \text{Lapis Tambahan} & = 20 \text{ cm} \end{array}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode Bina Marga 2017, tebal perkerasan baru untuk ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini:



**Gambar 9 Struktur Lapis Perkerasan Baru Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo**

Pada rencana tebal lapis perkerasan baru ini diberikan lapis tambahan karena daya dukung tanah yang kurang dari 6% sehingga perlu diberikan material timbunan sebagai bentuk dari perbaikan tanah dasar untuk desain fondasi jalan minimum dalam Bina Marga 2017. Dengan umur rencana 20 tahun, maka diperoleh tebal perkerasan lapis AC-WC sebesar 4 cm, lapis AC-BC sebesar 6 cm, lapis AC-Base sebesar 8 cm, dan untuk lapis pondasi atas Kelas A setebal 30 cm serta lapis tambahan dengan agregat Kelas S setebal 20 cm yang diletakkan dibawah Lapis Pondasi Kelas A.

## 2. Program *KENPAVE*

Hasil analisis perhitungan rekonstruksi untuk perkerasan lentur Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo perlu dilakukan pengecekan terhadap beban lalu lintas yang diprediksi akan terus meningkat selama 20 tahun kedepan. Analisis dilakukan menggunakan metode mekanistik-empirik dengan Program *KENPAVE*. Analisis tersebut ditunjukkan sebagai berikut:

### a. Data untuk evaluasi perkerasan

**Tabel 11. Data Input pada Program *KENPAVE* Lapis Perkerasan Rekonstruksi**

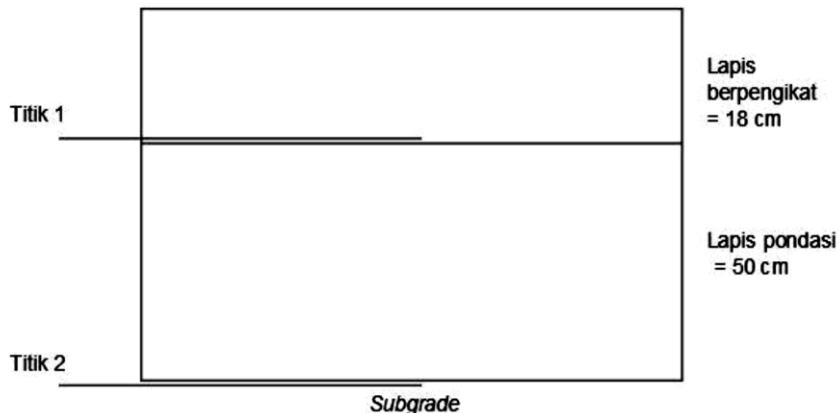
Lapisan Perkerasan	Modulus Elastis, E (Kpa)	Poisson Ratio	Tebal Perkerasan (cm)
AC-WC	1.455.556	0.40	18

Lapis Berpengikat	AC-BC AC-Base			
Lapis Pondasi Atas	LPA Kelas A	249.200	0.35	50
	Lapis Tambahan Agregat Kelas S			
<i>Subgrade</i>		38.900	0.35	$\infty$

### b. Analisis dengan Program *KENPAVE*

**Tabel 12. Titik Tinjau pada Zcoord**

No	Kedalaman	Keterangan
1	0	Lapis permukaan
2	17,9997	Titik tinjau 1 ( <i>fatigue cracking</i> )
3	18	Lapis permukaan LPA
4	68	Lapis permukaan <i>subgrade</i>
5	68,0003	Titik tinjau 2 ( <i>deformation</i> )



**Gambar 10. Letak Titik Tinjauan**

Output dari hasil analisis dengan *KENLAYER* berupa nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada perkerasan lentur. Hasil output pada setiap tebal lapisan pada Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo dapat dilihat pada Tabel 13:

**Tabel 13. Nilai Vertical Strain dan Tangential Strain pada Lapis Perkerasan Baru**

No. Koordinat	Vertical Strain pada Kedalaman 17.9997	Horizontal Strain pada Kedalaman 17.9997	Vertical Strain pada Kedalaman 68.0003

1	0.0002387	0.0002061	0.0003150
2	0.0001990	0.0002090	0.0003326
3	0.0001735	0.0002050	0.0003358
Maksimum	0.0002387	0.0002090	0.0003358

Nilai tegangan dan regangan menjadi parameter yang penting supaya dapat mengetahui sejauh mana suatu perkerasan dapat menahan beban lalu lintas yang melewati jalan tersebut. Berdasarkan Tabel 5.42 dan Tabel 5.43, diketahui pada ruas Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo didapatkan nilai regangan tekan lapisan subgrade sebesar 0,00014480 untuk analisis kerusakan *permanent deformation* dengan repetisi beban sebesar 197.923.417 ESAL. Adapun nilai regangan tarik dibagian bawah lapis AC sebesar 0,0007702 untuk kerusakan fatigue cracking dengan nilai repetisi beban sebesar 7.087.508.054 ESAL dan nilai regangan tekan sebesar 0,00016130 untuk analisa kerusakan rutting dengan nilai repetisi beban 122.181.944 ESAL.

Selama umur rencana 20 tahun, perkerasan tersebut dapat menahan beban tanpa terjadi kerusakan karena nilai kontrol repetisi beban lebih besar dibandingkan dengan nilai LHR rencana (Nr). Adanya kerusakan berupa rutting dan permanent deformation pada perkerasan yang diberi overlay maupun perkerasan baru yang telah dihitung pada sub-bab 5.3 dan 5.4 adalah karena nilai CBR yang terlalu kecil yaitu 3,98% sehingga tanah dasar tidak dapat menahan beban lalu lintas secara baik. Maka, perencanaan lapis perkerasan baru dengan CTB sebagai perbaikan pondasi yang merupakan saran dari Bina Marga DIY dapat menahan beban lalu lintas selama umur rencana 20 tahun. Analisis dilanjutkan hingga dapat mengetahui pada tahun ke berapa perkerasan tersebut mengalami kerusakan, maka, diketahui pada tahun ke-26 perkerasan tersebut mengalami kerusakan rutting pada dengan Nr sebesar 122.673.710 ESAL.

#### 4. KESIMPULAN

Perkerasan pada ruas tersebut tergolong pada kondisi sedang (*fair*) dengan nilai PCI tertinggi sebesar 77 dalam rating excellent dan terendah sebesar 22 dalam rating very poor. Jenis kerusakan yang dominan adalah retak kulit buaya dengan persentase density sebesar 16.23% dan tambalan dengan persentase sebesar 13.90% dari luas permukaan jalan yang diamati. Analisis perkerasan baru karena dengan lapis tambahan (*overlay*) pada perkerasan existing tidak dapat menahan beban rencana sesuai dengan umur rencana. Analisis perkerasan

baru dilakukan dengan metode Bina Marga 2017, tebal lapis AC-WC sebesar 4 cm, AC-BC setebal 6 cm, AC-Base setebal 8 cm, Lapis Pondasi Kelas A setebal 30 cm, dan Lapis Pondasi tambahan Kelas S setebal 20 cm. Pemodelan program *KENPAVE* pada lapis perkerasan tambahan (overlay) ruas Jalan Hertasning hingga Jalan Yasin Limpo untuk kerusakan *fatigue cracking* adalah sebesar 0,0001992 dengan nilai repetisi beban 1.441.176 ESAL, regangan kerusakan rutting sebesar 0,0002674 dengan nilai repetisi beban 12.756.196 ESAL dan regangan kerusakan permanent deformation sebesar 0,0005486 dengan nilai repetisi beban sebesar 531.640 ESAL yang menunjukkan adanya kegagalan berupa deformasi permanen pada tahun ke-2. Nilai sisa umur rencana pada Jalan Hertasning hingga Jalan Yasin Limpo dengan metode Bina Marga 2017 menunjukkan rencana tebal lapis perkerasan baru ini diberikan lapis tambahan karena daya dukung tanah yang kurang dari 6%. Selama umur rencana 20 tahun, perkerasan dapat menahan beban tanpa terjadi kerusakan karena nilai kontrol repetisi beban lebih besar dibandingkan dengan nilai LHR rencana (Nr). Adanya kerusakan berupa rutting dan permanent deformation pada perkerasan yang diberi overlay maupun perkerasan baru yang telah dihitung dengan nilai CBR yang terlalu kecil yaitu 3,98% sehingga tanah dasar tidak dapat menahan beban lalu lintas secara baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad., Azikin., Sukri., dan Balaka. 2020. Aplikasi Metode PCI (Pavement Condition Index) Dalam Mengukur Tingkat Kerusakan Jalan dan Pengaruhnya Terhadap Kecepatan Kendaraan. Jurnal. Universitas Halu Oleo Kendari. Sulawesi Tenggara
- Anni Hijrah. 2020. Analisa Kerusakan Jalan Menggunakan Perbandingan Metode PCI Dengan Bina Marga Serta Metode Penanganan Pada Jalan Poros Samarinda- Anggana (STA 0+000 – STA 7+000). Jurnal keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil Vol. 11 No.2. Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- Aulia Dewi Fatikasari. 2021. Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI Untuk Mengevaluasi Kondisi Jalan Di Raya Cangkring, Kecamatan Kreembung, Kabupaten Sidoarjo. Jurnal Agregat Vol.6 No. 2 November 2021. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
- Birasungi, S., Waani, J. E., Manoppo, M. R. E., 2019. Evaluasi Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Yos Sudarso Manado), Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.1 Januari 2019 (137-146) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Delli Noviarti Rachman, Putri Indah Sari. 2020. Analisis Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode PCI dan Strategi Penanganannya (Studi Kasus Jalan Nasional

Srijaya Raya Palembang KM 8+149 SD KM 9 +149). Jurnal Teknik Sipil UNPAL Vol. 10 No.1 Mei 2020. Universitas Tamansiswa Palembang.

Direktorat Jendral Bina MARGA,2003, Perencanaan Jalan Dan Rencana Anggaran Biaya. No. 028/T/BM/2003, Metode Perbaikan Standar, Direktorat Jendral Bina Marga.

Fakhrul Rozi Yamali. 2020. Penilaian Kondisi Jalan Dengan Metode PCI (Pavement Condition Index). Jurnal Talenta Sipil Vol.3 No.1 Februari 2020. Universitas Batanghari Jambi.

Halib Nur Muhammad. 2022. Perbandingan Nilai Kerusakan Berdasarkan Pengamatan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Metode International Roughness Index Pada Jalan Raya Bukittinggi – Medan KM &. Jurnal. Vol. 1 No.2 Februari 2022. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Hardiatmo, H.C., 2007. Pemeliharaan Jalan Raya, Edisi Pertama, Gajah Mada Universitas Press, Yogyakarta.

Hary Christady Hardiyatmo. 2007. Pemeliharaan Jalan Raya. Edisi 1.

Huang, Y.H. 2004. Pavement Analysis and Design, 2nd ed. Pearson Education. Upper Saddle River. New Jersey. United States of America.

Immanuel S. Pasiak. 2020. Evaluasi Struktur Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) (Studi Kasus: Ruas Jalan Airmadidi – Kairagi) STA 8+193, 64 – STA 11+193,64. Jurnal Sipil Statik Vol. 8 No. 4 Juli 2020. Universitas Sam Ratulangi Manado.

Indeks Kondisi Perkerasan (IKP) Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2016

Jalu Radityasaka. 2021. Analisis Kerusakan Perkerasan Kaku Dengan Metode Pavement Condition Index (Pci), Alternatif Solusi Dan Biaya Perbaikannya (Studi Kasus: Ruas Jalan Boyolali – Musuk STA 0+000 Sampai STA 3+800). Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Mulyadi, M., Isya, M., & Saleh, S. M. (2018). Studi Kerusakan Jalan Ditinjau Dari Faktor Setempat (Studi Kasus Ruas Jalan Blangkejeren–Lawe Aunan). Jurnal Teknik Sipil, 1(3), 667-678.

Putri, A. P., 2017. Analisa Kondisi Kerusakan Jalan Pada Lapis Permukaan Jalan Menggunakan Metode PCI (Studi Kasus: Ruas Jalan Blora-Cepu), Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta

Rifaludin, M. (2019). Analisa Kondisi Kerusakan Jalan Pada Lapisan Permukaan (Studi Kasus: Ruas Jalan Gadog- Cikopo Selatan). Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil, 1(1).

Samsul Rian Hidayat. 2018. Kajian Tingkat Kerusakan Menggunakan Metode PCI Pada Ruas Jalan Ir. Sutami Kota Probolinggo. Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil Vol. 01 No.02 September 2018. Universitas Dr. Soetomo.

- Silvester Jehadus. 2019. Analisis Faktor Penyebab Kerusakan Jalan Raya Lintas Labuan Bajo – Lembor Flores Nusa Tenggara Timur. Jurnal. Universitas 17 Agustus Surabaya.
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova.
- Suswandi, A. 2008. Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI). Forum Teknik Sipil No. XVIII/3-September 2008.
- Wira Kesuma Putra. 2022. Analisis Kerusakan Jalan Perkerasan lentur Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI). Jurnal Teknik Vol. 16 No. 1 April 2022. Universitas Jambi.
- Wirnanda,. Anggraini,. Isya. 2018. Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Dan Pengarunya Terhadap Kecepatan Kendaraan (Studi Kasus: Jalan Blang Bintang Lama Dan Jalan Teungku Hasan Dibakoi). Jurnal. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.