

ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN METODE MEKANISTIK EMPIRIS DENGAN PEMODELAN VISKOELASTIK DAN ELASTIK PADA RUAS JALAN TEMPEL-PAKEM

Muhammad Althaf Suwanda¹, Berlian Kushari²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 15511106@students.uui.ac.id

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: bkushari@uui.ac.id

Abstract : *Transportation is the most important public services for the continuity of the civilizations. This factor contributes to the increase of the private transports and heavy transports. As a result, the road is not able to hold on the load and the volume. Therefore the use of alternative roads are given by the government to solve this problem. Tempel – Pakem Road is one of the alternative roads which its usage has been overload and much damages occurred. The purpose of this research is to compare the design of existing pavement structure and the new design to estimate what damage is occurred first. In designing the pavement structure of Tempel – Pakem Road, data is collected from Satuan Kerja Pelaksana Jalan Nasional (P2JN). In this research, the pavement thick is designed using two mechanistic-empiric methods which are Bina Marga 2017 method with Manual Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017 guidance and supported by Kenpave program with Viscoelastic and Linier Elastic approaches. The analisis using Bina Marga 2017 methods gives the pavement thick alternative AC-WC 4 cm thick, AC-BC 6 cm thick, AC-Base 10,5 cm thick and A class LPA 30 cm thick. These results is equal to the existing pavement thickness except on the AC-Base layer which is only 8 cm thick. After the design of flexible pavement alternative is done using Kenpave program, there is axle load repetition about 20.360.498 ESAL until permanent deformation damage happened with Viscoelastic approach and about 26.719.771 ESAL until permanent deformation happened with Linier Elastic approach. From that axle road repetition, flexible pavement alternative service time available is 23 years with Viscoelastic approach and 28 years is available with Linier Elastic approach. This simulation shows that flexible pavement alternative with Viscoelastic and Linier Elastic approaches that was designed is able to accommodate the traffic load properly correspond to the planned age that is 20 years.*

Keyword: *comparison, mechanistic-empiric, Bina Marga 2017, Kenpave Program*

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur penting dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Seiring perkembangan zaman penggunaan kendaraan bermotor makin marak yang menyebabkan jalan yang ada tidak mampu menampung kendaraan dan menahan beban kendaraan yang banyak.

Sehingga banyak masyarakat yang berinisiatif menggunakan jalan alternatif untuk melewati jalan jalan yang mengalami kemacetan.

Ruas Jalan Tempel – Pakem, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah salah satu jalan rural yang dijadikan jalan alternatif. Ruas jalan Tempel – Pakem ini dikategorikan sebagai

jalan kabupaten yang saat ini melayani lalu lintas dengan data lalu lintas harian rerata 9.366 kendaraan/hari (P2JN 2018). Ruas jalan Tempel – Pakem merupakan jalan yang baru saja mengalami pelebaran dan rehabilitasi dengan lebar jalan 7 m. Untuk perkerasan yang lama menggunakan bahan perkerasan lentur dengan susunan runtut dari bawah adalah tanah dasar, lapis pondasi Atas 30 cm, AC-Base 8 cm, AC-BC 6 cm, AC-WC 4 cm. Panjang penanganan dari ruas jalan ini adalah 3,3 km dengan tiga stasiun berbeda, yakni dari km 17+100 s/d 17+500, km 19+000 s/d 21+000, dan km 26+500 s/d 27+400. Ruas jalan tersebut terdapat kerusakan berupa *crack* dan berlobang karena digunakan sebagai jalan alternatif oleh angkutan berat. Setelah perbaikan, ruas jalan ini nantinya diharapkan dapat menampung volume kendaraan yang lebih besar khususnya di hari libur serta dapat mampu menahan beban angkutan berat yang melintas.

Pada perencanaan perkerasan jalan dapat digunakan dengan dua pendekatan, yakni pendekatan empiris dan mekanistik empiris. Metode empiris adalah pendekatan yang menghubungkan antara kerusakan jalan dengan parameter-parameter input desain yang diformulasikan berdasarkan hubungan statistik. Sedangkan metode mekanistik empiris merupakan pendekatan berdasarkan karakteristik material dan kaidah teoritis, dengan diperkuat oleh respon struktur perkerasan dari perhitungan eksak terhadap beban sumbu kendaraan. Metode mekanistik empiris ini memiliki dua bagian, yang pertama adalah mekanistik yang merupakan hubungan antara respon struktur jalan (tegangan, regangan dan lendutan) dengan parameter input desain yang diformulasikan berdasarkan sifat-sifat mekanika bahan perkerasan. Sedangkan bagian kedua merupakan empiris yakni menghubungkan antara respon struktur dengan jumlah lintasan beban yang akan menyebabkan kerusakan jenis tertentu secara statistik. Keuntungan dari metode mekanistik-empiris itu sendiri dengan memberikan prediksi jenis kerusakan dan kelayakan dari data lapangan.

Namun perhitungan menggunakan metode mekanistik empiris ini terbilang cukup rumit karena respon dari material yang terbebani tersebut.

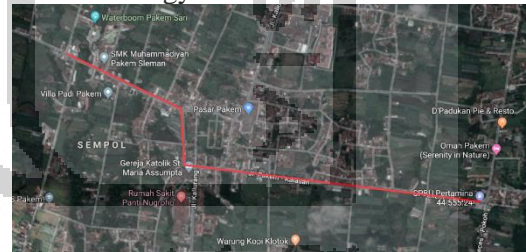
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode studi kasus agar peneliti dapat mengeksplorasi objek studi terkait secara mendalam. Untuk melaksanakan penelitian ini dibutuhkan data yang harus didapatkan oleh peneliti berdasarkan rumusan masalah yang terjadi pada kasus. Jenis data yang dapat digunakan adalah data primer dan data sekunder. Tahap pengerjaan penelitian ini meliputi tahap penentuan masalah, penentuan tujuan dan lingkungan studi, pengumpulan data sekunder, kompilasi data, analisis, penentuan hasil dan kesimpulan. Data sekunder diperoleh dari P2JN Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi yang ditinjau adalah Ruas Jalan Tempel – Pakem Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.



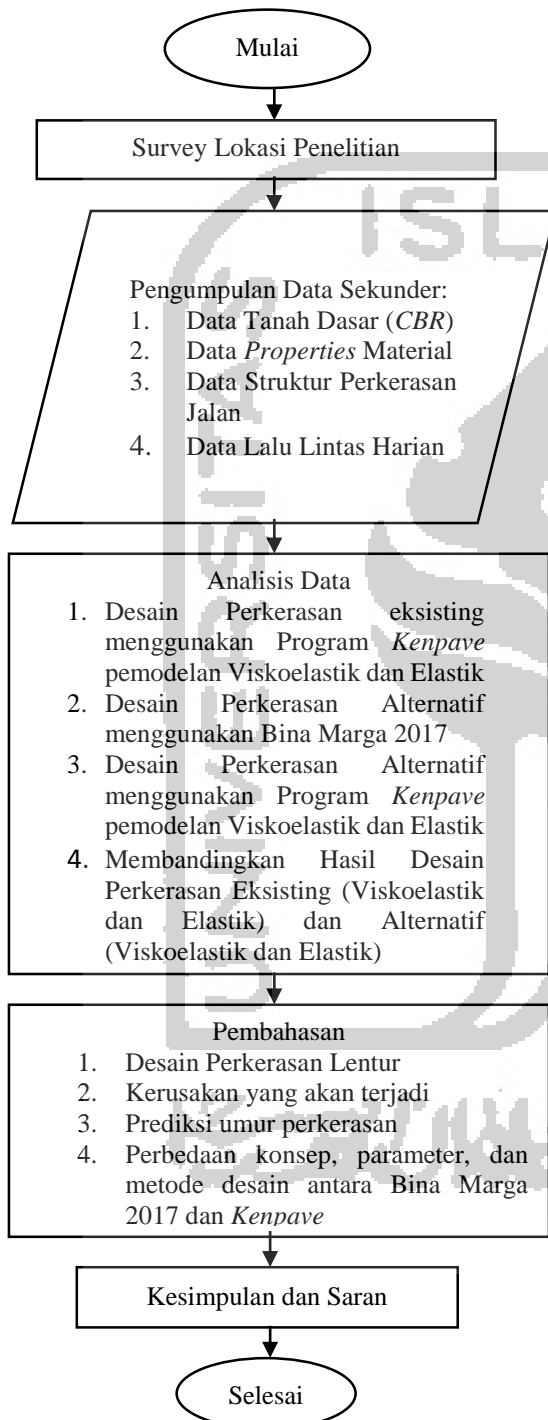
Gambar 1 Lokasi Penelitian

(Sumber : *Google Maps*, 2019)

Pekerjaan pada Ruas Jalan Tempel – Pakem dibagi menjadi tiga *section* pekerjaan dengan panjang jalan tiap *section* berbeda-beda. Masing masing *section* terletak pada yakni dari km 17+100 s/d 17+500, km 19+000 s/d 21+000, dan km 26+500 s/d 27+400. Pada penelitian ini digunakan hanya satu *section* dengan ruas penanganan terpanjang yakni stasiun 19+000 s/d 21+000.

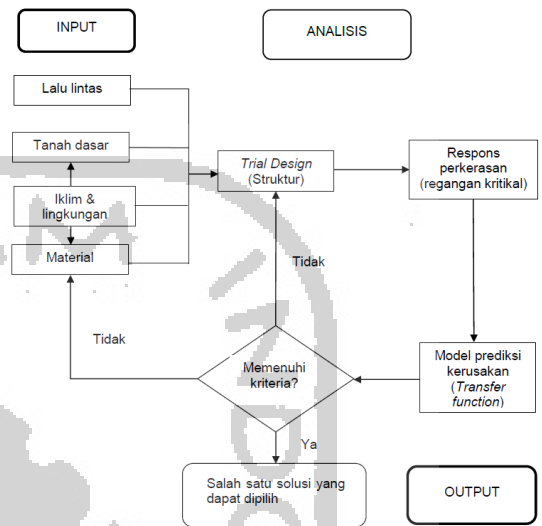
2.3 Tahapan Penelitian

Berikut tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 2 Lanjutan Bagan alir tahapan penelitian

2.4 Desain Perkerasan Lentur dengan Metode Mekanistik-Empiris



Gambar 3 Skema Pemodelan Mekanistik Empiris (Sumber: Bina Marga 2017)

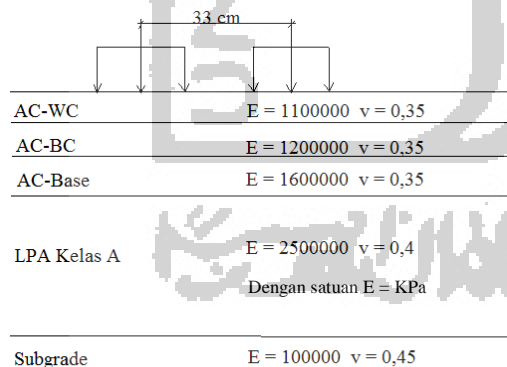
Dalam melakukan desain perkerasan lentur menggunakan metode mekanistik-empiris, perkerasan tersebut dipengaruhi oleh beberapa aspek input seperti lalu lintas, tanah dasar, lingkungan dan material. Sehingga awalnya perkerasan tersebut diasumsikan mampu untuk menahan beban rencana dalam waktu yang ditetapkan dimana setelah itu dilakukan trial desain perkerasan (iteratif). Selanjutnya dilakukan analisis untuk membuktikan apakah perkerasan tersebut mampu atau tidak menahan beban rencana dalam waktu yang ditetapkan tersebut. Jika perkerasan tersebut terbukti mampu menahan beban dalam waktu yang ditetapkan maka perkerasan tersebut dianggap layak untuk digunakan. Sedangkan jika hasil analisis menunjukkan adanya satu saja regangan kritis yang membuktikan bahwa perkerasan tidak mampu menahan beban, maka diperlukan adanya perbaikan atau perubahan struktur (dapat dilakukan perubahan material atau dimensi, atau bahkan keduanya).

2.5 Multi-Layered System

Perkerasan lentur merupakan sistem berlapis dengan material yang semakin ke atas semakin baik dan tidak dapat diwakili oleh massa yang homogen. Dengan adanya kemampuan komputer, teori tersebut dapat di aplikasikan menjadi *multi-layered system* dengan berapapun jumlah lapisannya (Huang, 1967). Berikut adalah beberapa asumsi yang digunakan untuk menghitung respon struktur pada *multi-layered system* (Huang, 2004).

1. Setiap masing-masing lapis perkerasan bersifat homogen dan isotropik.
2. Bahan perkerasan tiap lapisan memiliki batas bobot dan ketebalan serta lebar tiap lapisan dianggap tidak terbatas.
3. Tekanan seragam diterapkan pada lapis permukaan yang terkena luasan penampang beban (*interface*)

Beban bagi model sistem lapis perkerasan diformulasikan dari beban sumbu standar seberat 18 kips atau setara 8,16 ton. Tipikal roda terhadap permukaan perkerasan diasumsikan menggunakan nilai tipikal sebesar 0,55 MPa. Bidang kontak diasumsikan berbentuk lingkaran dengan jari-jari 11 cm. Titik berat kedua roda pada satu sisi sumbu dipisahkan oleh jarak 33 cm.



Gambar 4 Model Sistem Lapis Perkerasan

2.6 Karakteristik Material

Terdapat beberapa karakteristik material yang digunakan pada pemodelan perkerasan lentur, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Viskoelastik layer, untuk menganalisis layer aspal menerapkan sifat viscoelastis dimana waktu beban mempengaruhi perilaku aspal. Solusi dari layer viscoelastis ini diperoleh melalui prinsip koresponden elastis – viscoelastis dengan menerapkan *laplace transform* untuk menghilangkan variabel waktu (Huang, 2004). Adapun metode untuk mengkarakterkan bahan viscoelastis adalah melalui spesifikasi *creep compliances*.
2. Linier Elastis layer, Pemodelan layer secara linear elastis dapat menghitung tegangan, regangan dan defleksi di struktur perkerasan yang permukaannya telah dibebani. Untuk layer linear elastis ini menganggap bahwa setiap layer struktur perkerasan homogen, isotropis, dan elastis secara linear (Huang, 2004).

2.7 Desain Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2017

Terdapat beberapa tahap dalam melakukan desain menggunakan metode Bina Marga 2017, seperti berikut.

1. Umur rencana, berdasarkan Bina marga 2017 umur rencana perkerasan lentur yang digunakan pada jalan perkotaan adalah 20 tahun.
2. Lalu lintas, dilakukan perhitungan pertumbuhan lalu lintas menggunakan rumus sebagai berikut

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

dengan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = Tingkat pertumbuhan lalu lintas tahun, dan

UR = Umur rencana (tahun)

3. Faktor distribusi lalu lintas dan Faktor Ekuivalen Beban, kedua faktor ini akan langsung disediakan pada tabel Bina Marga 2017.
4. Beban standar kumulati, akan dihitung menggunakan rumus berikut

$$ESA = (\sum LHR_{jenis kendaraan} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2)$$

dengan:

ESA : lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) untuk 1 hari,

LHR : lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari),

R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (pers 3.2),

VDF : Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga

DD : Faktor distribusi arah, dan

DL : Faktor distribusi lajur.

2.8 Desain Perkerasan Lentur Metode Program *Kenpave*

Program *Kenlayer* ini merupakan program yang hanya dapat digunakan pada perkerasan lentur. Program *Kenlayer* memiliki kegunaan untuk menentukan rasio kerusakan perkerasan lentur menggunakan model tekanan (*distress models*). *Distress model* ini merupakan deformasi dan retak yang dapat digunakan untuk memprediksi umur perkerasan dengan mengasumsi konfigurasi perkerasan.

Data yang diperlukan untuk program *Kenlayer* adalah data struktur perkerasan jalan untuk menganalisa perencanaan tebal perkerasan jalan. Data tersebut antara lain tebal perkerasan jalan, modulus elastisitas, *poisson ratio*, dan kondisi beban.

2.9 Analisis Kerusakan Perkerasan

Berdasarkan *ashpalt institute* terdapat 3 kerusakan utama pada perkerasan. Untuk analisis kerusakan tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

1. *Fatigue cracking*

Persamaan retak lelah perkerasan lentur untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik di bawah lapis permukaan adalah sebagai berikut.

$$N_f = 0,0796(\epsilon_t)^{-3,921} | E |^{-0,854} \quad (3)$$

dengan:

N_f = Jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol *fatigue cracking*

ϵ_t = Tensile strain di lokasi tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respon model struktur atau regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan

E = Modulus Elastis pada lapis permukaan atau lapis *HMA*

2. *Rutting*

Persamaan retak alur perkerasan lentur untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik di bawah lapis permukaan adalah sebagai berikut.

$$N_d = f_4 (\epsilon_c)^{-f_5} \quad (4)$$

dengan:

N_d = Jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol *rutting*

ϵ_c = regangan tekan vertikal di atas lapisan dasar

f_5 = koefisien kriteria deformasi permanen, dan

f_4 = koefisien kriteria deformasi permanen.

3. *Permanent Deformation*

Persamaan deformasi permanen perkerasan lentur untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik di bawah lapis permukaan adalah sebagai berikut.

$$N_d = f_4 (\epsilon_c)^{-f_5} \quad (4)$$

dengan:

N_d = Jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol *permanent deformation*

ϵ_c = regangan tekan vertikal di atas lapisan dasar

f_5 = koefisien kriteria deformasi permanen, dan

f_4 = koefisien kriteria deformasi permanen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Perkerasan Lentur Eksisting Menggunakan Program *Kenpave* Pemodelan Viskoelastik

Pada perkerasan lentur eksisting dilakukan pemodelan menggunakan program *Kenpave* pemodelan viskoelastik. Setelah dilakukan pemodelan maka akan dihasilkan tegangan dan regangan maksimum pada setiap kemungkinan kerusakan yang terjadi.

Tabel 1 Tegangan Maksimum

Beban	Regangan Horizontal 17,995 cm	Regangan Vertikal 17,995	Regangan Vertikal 48,005
		$2,42 \times 10^{-4}$	$2,63 \times 10^{-4}$
	$1,43 \times 10^{-4}$	$2,54 \times 10^{-4}$	$2,73 \times 10^{-4}$
	$2,38 \times 10^{-4}$	$2,17 \times 10^{-4}$	$2,77 \times 10^{-4}$
Max	$2,42 \times 10^{-4}$	$2,63 \times 10^{-4}$	$2,77 \times 10^{-4}$

Dari nilai tegangan dan regangan yang didapatkan, dapat dilakukan kontrol beban gandar maksimum yang dapat ditahan oleh perkerasan dan umur pelayanan dari jalan tersebut pada tiap kerusakan.

Tabel 2 Kontrol beban gandar maksimum dan umur pelayanan

Jenis Kerusakan	Beban Ganda Maksimum	Umur Pelayanan
<i>Fatigue Cracking</i>	60.682.360 ESAL	45 Tahun
<i>Rutting</i>	14.504.833 ESAL	19 Tahun
<i>Permanent Deformation</i>	11.594.650 ESAL	16 Tahun

4.2 Desain Perkerasan Lentur Eksisting Menggunakan Program *Kenpave* Pemodelan Elastik Linier

Pada perkerasan lentur eksisting dilakukan pemodelan menggunakan program *Kenpave* pemodelan elastik linier. Setelah dilakukan pemodelan maka akan dihasilkan tegangan dan regangan maksimum pada setiap kemungkinan kerusakan yang terjadi.

Tabel 3 Tegangan Maksimum

Beban	Regangan Horizontal 17,995 cm	Regangan Vertikal 17,995	Regangan Vertikal 48,005
	$2,01 \times 10^{-4}$	$2,28 \times 10^{-4}$	$2,34 \times 10^{-4}$
	$2,04 \times 10^{-4}$	$1,88 \times 10^{-4}$	$2,55 \times 10^{-4}$
	$2,00 \times 10^{-4}$	$1,63 \times 10^{-4}$	$2,63 \times 10^{-4}$
Max	$2,04 \times 10^{-4}$	$2,28 \times 10^{-4}$	$2,63 \times 10^{-4}$

Dari nilai tegangan dan regangan yang didapatkan, dapat dilakukan kontrol beban gandar maksimum yang dapat ditahan oleh perkerasan dan umur pelayanan dari jalan tersebut pada tiap kerusakan.

Tabel 4 Kontrol Beban Gandar Maksimum dan Umur Pelayanan

Jenis Kerusakan	Beban Ganda Maksimum	Umur Pelayanan
<i>Fatigue Cracking</i>	118.861.382 ESAL	61 Tahun
<i>Rutting</i>	27.801.770 ESAL	29 Tahun
<i>Permanent Deformation</i>	14.653.797 ESAL	18 Tahun

4.3 Desain Perkerasan Lentur Menggunakan Bina marga 2017

Pada desain perkerasan lentur menggunakan Bina Marga 2017 dilakukan perhitungan $CESA_4$ yang digunakan untuk menentukan jenis tabel perkerasan dan $CESA_5$ digunakan untuk menentukan tebal perkerasan. Dari perhitungan menggunakan Bina Marga 2017 didapatkan $CESA_4$ sebesar 5430788,76 ESAL dan $CESA_5$ sebesar 7165691,20 ESAL.

Maka dari $CESA_5$ didapatkan tebal perkerasan dari masing masing lapisan sebagai berikut.

- AC-WC = 4 cm
- AC-BC = 6 cm
- AC-Base = 10,5 cm
- LPA A = 30 cm

4.4 Desain Perkerasan Lentur Alternatif Menggunakan Program *Kenpave* Pemodelan Viskoelastik

Pada perkerasan lentur alternatif dilakukan pemodelan menggunakan program *Kenpave*

pemodelan viskoelastik. Setelah dilakukan pemodelan maka akan dihasilkan tegangan dan regangan maksimum pada setiap kemungkinan kerusakan yang terjadi.

Tabel 5 Tegangan Maksimum

Beban	Regangan Horizontal	Regangan Vertikal	Regangan Vertikal
	20,495 cm	20,495	50,505
	$2,02 \times 10^{-4}$	$2,26 \times 10^{-4}$	$2,21 \times 10^{-4}$
	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,18 \times 10^{-4}$	$2,41 \times 10^{-4}$
Max	$2,05 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$	$2,44 \times 10^{-4}$
	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,50 \times 10^{-4}$	$2,44 \times 10^{-4}$

Dari nilai tegangan dan regangan yang didapatkan, dapat dilakukan kontrol beban gandar maksimum yang dapat ditahan oleh perkerasan dan umur pelayanan dari jalan tersebut pada tiap kerusakan.

Tabel 6 Kontrol Beban Gandar Maksimum dan Umur Pelayanan

Jenis Kerusakan	Beban Gandar Maksimum	Umur Pelayanan
<i>Fatigue Cracking</i>	110.135.188 ESAL	60 Tahun
<i>Rutting</i>	28.693.872 ESAL	30 Tahun
<i>Permanent Deformation</i>	20.360.498 ESAL	23 Tahun

4.5 Desain Perkerasan Lentur Alternatif Menggunakan Program *Kenpave* Pemodelan Elastik Linier

Pada perkerasan lentur alternatif dilakukan pemodelan menggunakan program *Kenpave* pemodelan elastik linier. Setelah dilakukan pemodelan maka akan dihasilkan tegangan dan regangan maksimum pada setiap kemungkinan kerusakan yang terjadi.

Tabel 7 Tegangan Maksimum

Beban	Regangan Horizontal	Regangan Vertikal	Regangan Vertikal
	20,495 cm	20,495	50,505
	$1,74 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$	$2,09 \times 10^{-4}$
	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,71 \times 10^{-4}$	$2,27 \times 10^{-4}$
Max	$1,77 \times 10^{-4}$	$1,56 \times 10^{-4}$	$2,30 \times 10^{-4}$
	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$	$2,30 \times 10^{-4}$

Dari nilai tegangan dan regangan yang didapatkan, dapat dilakukan kontrol beban gandar maksimum yang dapat ditahan oleh perkerasan dan umur pelayanan dari jalan tersebut pada tiap kerusakan.

Tabel 8 Kontrol Beban Gandar Maksimum dan Umur Pelayanan

Jenis Kerusakan	Beban Gandar Maksimum	Umur Pelayanan
<i>Fatigue Cracking</i>	196.022.664 ESAL	74 Tahun
<i>Rutting</i>	56.577.124 ESAL	43 Tahun
<i>Permanent Deformation</i>	26.719.771 ESAL	28 Tahun

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Terdapat perbedaan tebal perkerasan eksisting dan tebal perkerasan alternatif menggunakan metode Bina Marga 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 17 berikut ini.

Tabel 9 Perbedaan Tebal Perkerasan Eksisting dan Alternatif

Lapisan	Perkerasan Eksisting	Perkerasan Alternatif (BM2017)
AC-WC	4 cm	4 cm
AC-BC	6 cm	6 cm
AC-Base	8 cm	10,5 cm
LPA A	30 cm	30 cm

2. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada tegangan, regangan dan repetisi beban gandar di tiap kerusakan pada hasil analisis perkerasan lentur eksisting dan alternatif menggunakan Program *Kenpave* pemodelan viskoelastik. Pada perkerasan eksisting didapatkan respon tegangan dan regangan pada kerusakan *permanent deformation* di kedalaman 48,005 cm sebesar 0,000277 kPa, kerusakan *rutting* di kedalaman 17,995 sebesar 0,000263 kPa dan kerusakan *fatigue cracking* di kedalaman 17,995 sebesar 0,000242

kPa. Kerusakan tersebut akan terjadi pada beban repetisi sebesar 60.682.360 ESAL sampai terjadi *fatigue cracking*, 14.504.833 ESAL sampai terjadi *rutting* dan 11.594.650 ESAL sampai terjadi *permanent deformation*. Sedangkan perkerasan alternatif didapatkan respon tegangan dan regangan pada kerusakan *permanent deformation* di kedalaman 50,505 cm sebesar 0,000244 kPa, kerusakan *rutting* di kedalaman 20,495 sebesar 0,00025 kPa dan kerusakan *fatigue cracking* di kedalaman 20,495 sebesar 0,000208 kPa. Kerusakan tersebut akan terjadi pada beban repetisi sebesar 110.135.188 ESAL sampai terjadi *fatigue cracking*, 28.693.872 ESAL sampai terjadi *rutting* dan 20.360.498 ESAL sampai terjadi *permanent deformation*.

3. Pada pemodelan Linier Elastik, perkerasan lentur eksisting didapatkan respon tegangan dan regangan pada kerusakan *permanent deformation* di kedalaman 48,005 cm sebesar 0,000263 kPa, kerusakan *rutting* di kedalaman 17,995 sebesar 0,000228 kPa dan kerusakan *fatigue cracking* di kedalaman 17,995 sebesar 0,000204 kPa. Kerusakan tersebut akan terjadi pada beban repetisi sebesar 118.861.382 ESAL sampai terjadi *fatigue cracking*, 27.801.770 ESAL sampai terjadi *rutting* dan 14.653.797 ESAL sampai terjadi *permanent deformation*. Sedangkan perkerasan alternatif didapatkan respon tegangan dan regangan pada kerusakan *permanent deformation* di kedalaman 50,505 cm sebesar 0,000230 kPa, kerusakan *rutting* di kedalaman 20,495 sebesar 0,000194 kPa dan kerusakan *fatigue cracking* di kedalaman 20,495 sebesar 0,000179 kPa. Kerusakan tersebut akan terjadi pada beban repetisi sebesar 196.022.664 ESAL sampai terjadi *fatigue cracking*, 56.577.124 ESAL sampai terjadi *rutting* dan 26.719.771 ESAL sampai terjadi *permanent deformation*.

4. Untuk masa pelayanan dari tiap perkerasan dengan pemodelan viskoelastik dan elastik linier dapat dilihat pada Tabel 6.2 berikut ini.

Tabel 10 Masa Pelayanan

Jenis Kerusakan	Perkerasan Eksisting		Perkerasan Alternatif	
	V	LE	V	LE
<i>Fatigue cracking</i>	45 Th	61 Th	60 Th	74 Th
<i>Rutting</i>	18 Th	29 Th	30 Th	43 Th
<i>Permanent Deformation</i>	16 Th	18 Th	23 Th	28 Th

5.2 Saran

1. Pihak perencana masih perlu merencanakan tebal perkerasan jalan menggunakan beberapa metode yang berbeda sehingga dapat memberikan banyak alternatif yang lebih aman dan efisien.
2. Perlu juga dilakukan perhitungan perbandingan berdasarkan biaya sehingga dapat mengetahui secara finansial perkerasan mana yang lebih hemat dan efektif.
3. Selalu berikan perhatian lebih kepada kasus *overloading* karena banyaknya jalan di Indonesia yang tidak sampai pada umur rencana karna kasus ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Department Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Juni, 2017, *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017*, Jakarta.
- Huang, Y.H, 1967, *Evaluation of the Integral by the Discrete Ordinary Method*. Pearson Education. United States of America.
- Huang, Y.H, 2004, *Pavement Analysis and Design*, 2nd ed. Pearson Education. United States of America.
- Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2019, Yogyakarta.