

BAB IX. ANALISIS SIFAT ELASTIK DAN VISKOELASTIK PERKERASAN LENTUR

Sesuai dengan rumusan masalah pada penelitian ini, perlu dilakukan evaluasi terhadap pengasumsian sifat elastik yang selama ini digunakan pada perencanaan perkerasan lentur secara mekanistik di Indonesia. Hal ini karena campuran aspal bersifat viskoelastik, yang perilakunya dipengaruhi oleh lama dan suhu pembebanan. Bab IX ini merupakan pembahasan sifat elastik dan viskoelastik dari material aspal.

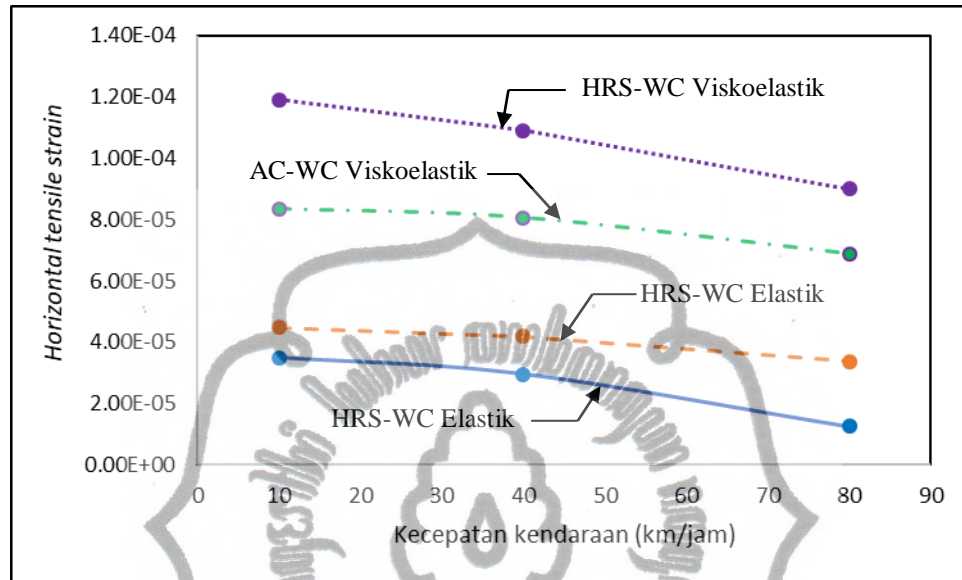
Evaluasi sifat elastik dan viskoelastik campuran beraspal ini menggunakan simulasi elemen hingga. Sifat elastik dan viskoelastik yang ditinjau adalah berkaitan dengan lama pembebanan dan suhu pembebanan.

Berdasarkan analisis sifat elastik dan viskoelastik tersebut akan diperoleh suatu korelasi antara sifat elastik dan viskoelastik. Korelasi tersebut berupa suatu faktor konversi (v). Faktor konversi (v) dari elastik menjadi viskoelastik pada perencanaan tebal perkerasan lentur secara mekanistik di Indonesia, beserta aplikasi penggunaannya dalam desain perkerasan lentur, serta perbandingan antara metode desain perkerasan lentur secara empiris dan mekanistik juga diuraikan pada Bab IX. Dengan penambahan faktor konversi (v) pada input material, diharapkan perencanaan tebal perkerasan lentur secara mekanistik di Indonesia yang menggunakan pengasumsian elastik, bisa mendekati pengasumsian viskoelastik.

A. Tinjauan Sifat Elastik dan Viskoelastik Berkaitan dengan Pengaruh Lama Pembebanan

Pengaruh lama pembebanan dilakukan dengan cara memberikan variasi kecepatan lalu lintas. Variasi kecepatan kendaraan yang digunakan adalah 10 km/jam, 40 km/jam, dan 80 km/jam yang masing-masing mewakili kecepatan rendah, kecepatan sedang (rata-rata), dan kecepatan tinggi. Kecepatan kendaraan 10 km/jam mewakili kecepatan rendah, asumsi ini diambil jika kendaraan melintasi jalan lokal, zona sekolah, zona pasar atau jalan mendekati macet. Kecepatan 40 km/jam diambil dengan dasar bahwa kecepatan rata-rata pada jalan perkotaan. Sementara kecepatan 80 km/jam diambil untuk mewakili kendaraan yang berjalan dengan kecepatan tinggi, misalnya ketika melintasi jalan tol atau jalan luar kota.

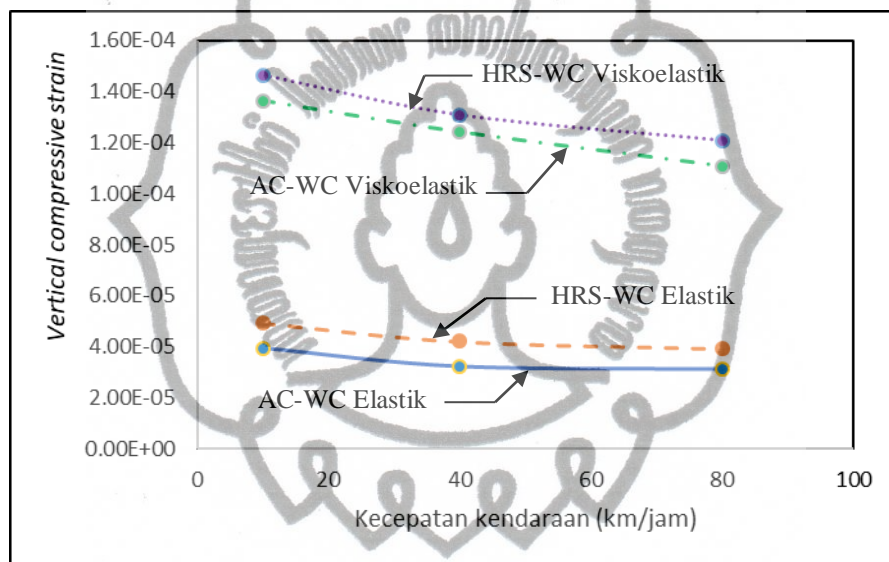
Perbandingan regangan yang terjadi pada perkerasan lentur akibat beban lalu lintas, antara elastik dan viskoelastik pada berbagai kecepatan kendaraan disajikan pada Gambar 9.1 dan Gambar 9.2.



Gambar 9.1. Perbandingan *Horizontal Tensile Strain* antara Elastik dan Viskoelastik pada Campuran Beraspal AC-WC dan HRS-WC Akibat Pengaruh Waktu Pembebanan (Sumber: Hasil Penelitian)

Berdasarkan pada perbandingan *horizontal tensile strain* antara elastik dan viskoelastik pada campuran beraspal AC-WC dan HRS-WC akibat pengaruh waktu pembebanan, sebagaimana disajikan pada Gambar 9.1 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *horizontal tensile strain* yang terjadi antara sifat elastik dan viskoelastik pada berbagai lama pembebanan. *Horizontal tensile strain* pada pengasumsian viskoelastik lebih besar daripada elastik. Hal ini terjadi untuk campuran beraspal AC-WC dan HRS-WC. *Horizontal tensile strain* yang terbesar terjadi pada perkerasan lentur yang dilalui kendaran dengan kecepatan kendaraan yang terendah. Hal ini sesuai dengan teori dasar yang menyebutkan bahwa campuran aspal merupakan material yang bersifat viskoelastik, akan dipengaruhi oleh lama pembebanan. Pada pembebanan yang lebih lama maka regangan yang terjadi akan lebih besar. Sementara pada pengasumsian elastik, campuran aspal dianggap tidak dipengaruhi oleh lama pembebanan. Hal ini senada dengan penelitian yang dilakukan oleh Liao dan Sargand (2010) dan Mejlun, dkk (2017), yang menyatakan bahwa regangan yang dihasilkan model perkerasan lentur dengan pengasumsian campuran aspal bersifat viskoelastik lebih besar daripada pengasumsian dengan sifat elastik.

Sementara dari tinjauan jenis material, *horizontal tensile strain* campuran beraspal *HRS-WC* lebih besar daripada *AC-WC*, baik untuk asumsi sifat elastik maupun viskoelastik. Berdasarkan hal ini bisa disimpulkan bahwa perkerasan lentur dengan lapis permukaan menggunakan campuran beraspal *AC-WC* lebih tahan menerima beban lalu lintas dibandingkan *HRS-WC*. Hal ini disebabkan karena *AC-WC* yang bergradasi menerus mempunyai distribusi ukuran butiran yang lengkap. Butiran yang kecil akan mengisi rongga yang ada sehingga *interlocking* yang terjadi juga semakin tinggi. Maka stabilitas campuran aspal *AC-WC* akan lebih besar daripada *HRS-WC* yang bergradasi senjang. Campuran aspal dengan stabilitas yang tinggi akan lebih tahan menerima beban lalu lintas.



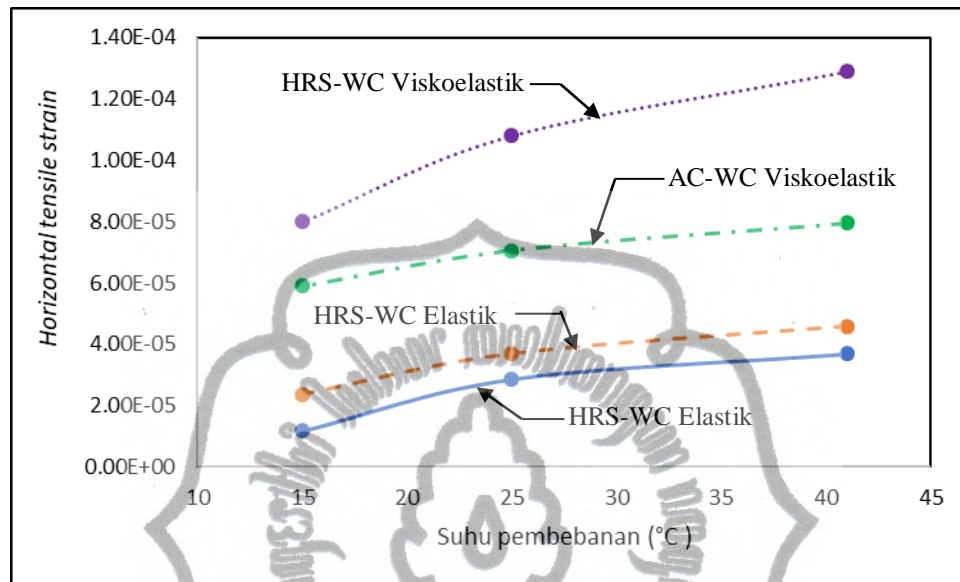
Gambar 9.2. Perbandingan *Vertical Compressive Strain* antara Elastik dan Viskoelastik pada Campuran Beraspal *AC-WC* dan *HRS-WC* Akibat Pengaruh Waktu Pembebanan (Sumber: Hasil Penelitian)

Dari hasil penelitian ini, ternyata diperoleh hasil bahwa perilaku *vertical compressive strain* identik dengan perilaku *horizontal tensile strain* sebagaimana yang telah diterangkan di atas. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 9.2.

B. Tinjauan Sifat Elastik dan Viskoelastik Berkaitan dengan Pengaruh Suhu Pembebanan

Pengaruh suhu pembebanan dilakukan dengan cara memberikan variasi suhu pembebanan campuran aspal pada pengujian modulus dinamik di laboratorium. Variasi Suhu pembebanan yang ditinjau adalah 10°C , 25°C , dan 41°C yang mewakili suhu perkerasan di Indonesia.

Perbandingan regangan yang terjadi pada perkerasan lentur akibat beban lalu lintas, antara elastik dan viskoelastik pada berbagai suhu pembebanan disajikan pada Gambar 9.3 dan Gambar 9.4.

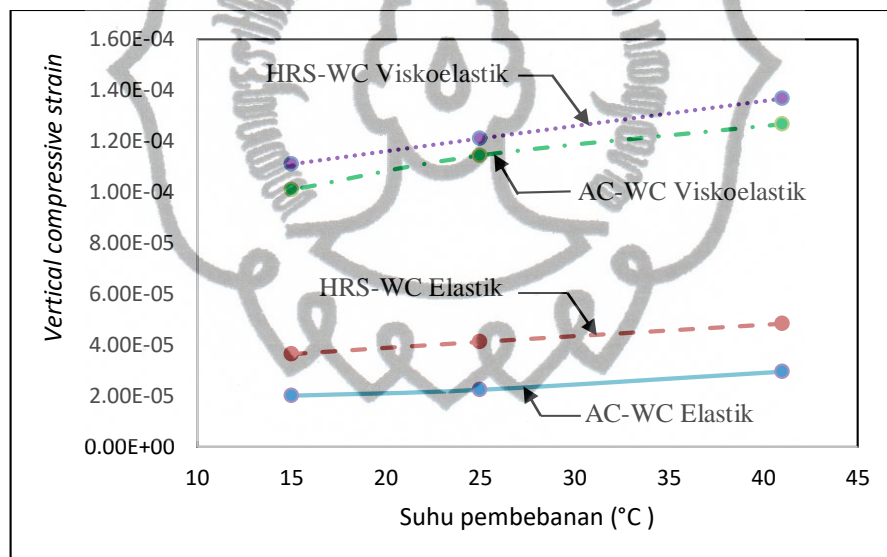


Gambar 9.3. Perbandingan *Horizontal Tensile Strain* antara Elastik dan Viskoelastik pada Campuran Beraspal AC-WC dan HRS-WC Akibat Pengaruh Suhu Pembebanan (Sumber: Hasil Penelitian)

Merujuk pada perbandingan *horizontal tensile strain* antara elastik dan viskoelastik pada campuran beraspal AC-WC dan HRS-WC akibat pengaruh suhu pembebanan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 9.3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *horizontal tensile strain* yang terjadi antara sifat elastik dan viskoelastik pada berbagai suhu pembebanan. *Horizontal tensile strain* pada pengasumsian viskoelastik lebih besar daripada elastik. Hal ini terjadi untuk campuran beraspal AC-WC dan HRS-WC. *Horizontal tensile strain* yang terbesar terjadi pada perkerasan lentur dengan suhu pembebanan yang tertinggi. Hal ini sesuai dengan teori dasar yang menyebutkan bahwa campuran aspal merupakan material yang bersifat viskoelastik, akan dipengaruhi oleh suhu pembebanan. Pada suhu pembebanan yang lebih tinggi campuran aspal bersifat *viscous*, sehingga regangan yang terjadi akan lebih besar. Sementara pada pengasumsian elastik, campuran aspal dianggap tidak dipengaruhi oleh suhu pembebanan, sehingga regangan yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan pengasumsian viskoelastik. Hal ini senada dengan penelitian yang dilakukan oleh Liao dan Sargand (2010) dan Mejlun, dkk (2017), yang menyatakan bahwa regangan yang dihasilkan model perkerasan lentur dengan

pengasumsian campuran aspal bersifat viskoelastik lebih besar daripada pengasumsian dengan sifat elastik.

Berdasarkan pada tinjauan jenis material, *horizontal tensile strain* campuran beraspal *HRS-WC* lebih besar daripada *AC-WC*, baik untuk asumsi sifat elastik maupun viskoelastik. Campuran beraspal *AC-WC* lebih tahan menerima beban lalu lintas dan lebih tidak sensitif terhadap perubahan suhu dibandingkan *HRS-WC*. Hal ini disebabkan karena *AC-WC* yang bergradasi menerus mempunyai distribusi ukuran butiran yang lengkap. Butiran yang kecil akan mengisi rongga yang ada sehingga *interlocking* yang terjadi juga semakin tinggi. Maka stabilitas campuran aspal *AC-WC* akan lebih besar daripada *HRS-WC* yang bergradasi senjang. Campuran aspal dengan stabilitas yang tinggi akan lebih tahan menerima beban lalu lintas dan lebih tidak sensitif terhadap perubahan suhu.

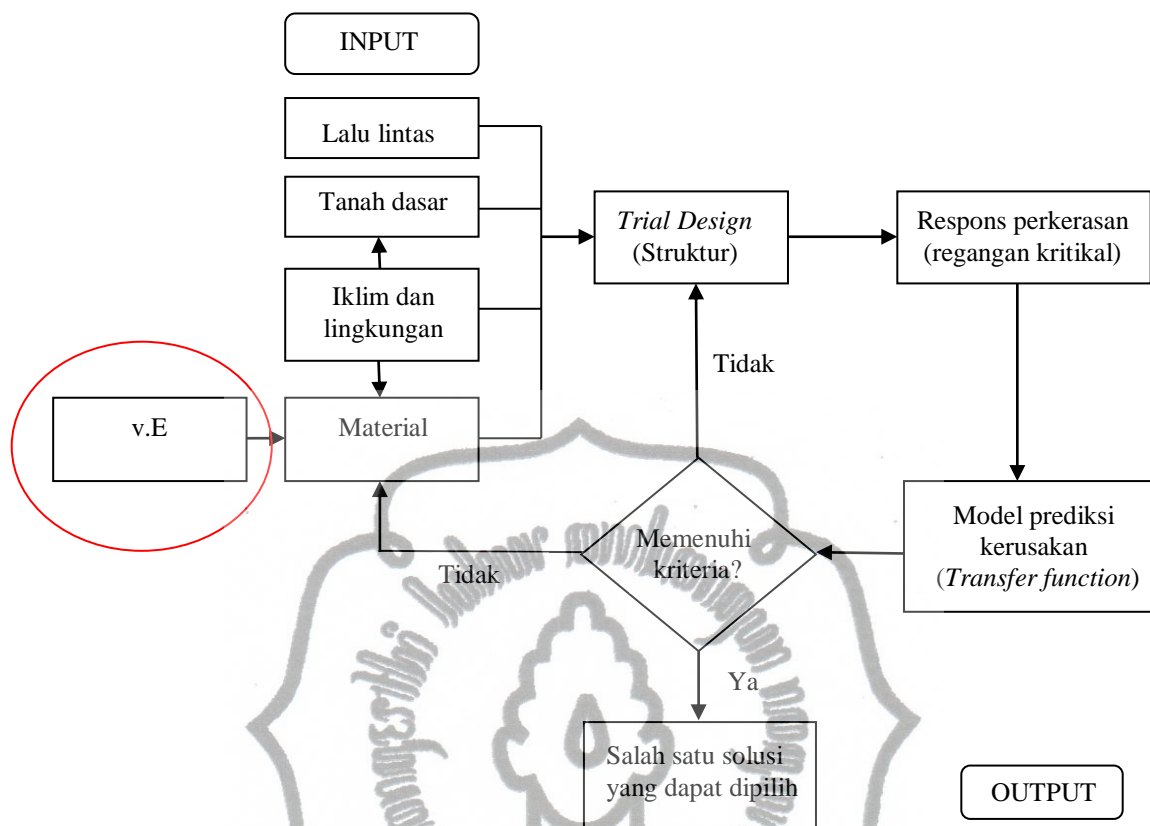


Gambar 9.4. Perbandingan *Vertical Compressive Strain* antara Elastik dan Viskoelastik pada Campuran Beraspal *AC-WC* dan *HRS-WC* Akibat Pengaruh Suhu Pembebanan (Sumber: Hasil Penelitian)

Fenomena yang terjadi pada penelitian ini juga mengindikasikan bahwa perilaku *vertical compressive strain* identik dengan perilaku *horizontal tensile strain* sebagaimana yang telah diterangkan di atas. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 9.4.

C. Faktor Konversi (v) dari Elastik Menjadi Viskoelastik pada Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Secara Mekanistik di Indonesia

Berdasarkan pada hasil perhitungan respon (*strain*) struktur perkerasan lentur dengan asumsi elastik dan viskoelastik, sebagaimana dibahas pada Sub Bab A dan B di atas, maka dapat disimpulkan bahwa sifat elastik yang digunakan sebagai asumsi pada perencanaan perkerasan lentur secara mekanistik di Indonesia, tidak dapat mewakili perilaku material aspal yang bersifat viskoelastik. Perencanaan perkerasan lentur secara mekanistik berdasarkan pada asumsi perilaku elastik tidak tepat, karena campuran beraspal merupakan material yang bersifat viskoelastik. Oleh karena itu, maka pengasumsian sifat elastik pada perencanaan perkerasan lentur secara mekanistik di Indonesia, sebaiknya diganti dengan asumsi viskoelastik. Memang tidak mudah untuk merubah dari asumsi elastik ke viskoelastik. Salah satu kendalanya adalah adanya keterbatasan alat pengujian campuran beraspal secara mekanistik, yang menghasilkan variabel viskoelastik. Untuk mengatasi hal ini, penulis mengusulkan supaya diberikan faktor konversi dari elastik menjadi viskoelastik yang dapat digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur secara mekanistik di Indonesia, sehingga walaupun yang digunakan dalam desain adalah asumsi elastik, tapi dapat mendekati asumsi viskoelastik campuran beraspal di Indonesia. Rekomendasi pada penelitian ini adalah dengan menambahkan faktor konversi (v) sebesar 0,285 (untuk campuran aspal AC-WC) dan 0,368 (untuk campuran aspal HRS-WC) pada input nilai modulus elastisitas pada Manual Perkerasan Jalan 2017), sebagaimana disajikan pada Gambar 9.5. Akan tetapi penggunaan faktor konversi ini masih terbatas dalam lingkup penelitian ini, sesuai dengan karakteristik campuran AC-WC maupun HRS-WC merujuk pada pengujian modulus dinamik yang dilakukan dalam penelitian ini, serta dengan tebal lapisan perkerasan yang digunakan pada penelitian ini. Untuk penggunaan faktor konversi yang lebih luas disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan dan berulang-ulang supaya diperoleh nilai yang lebih mewakili.

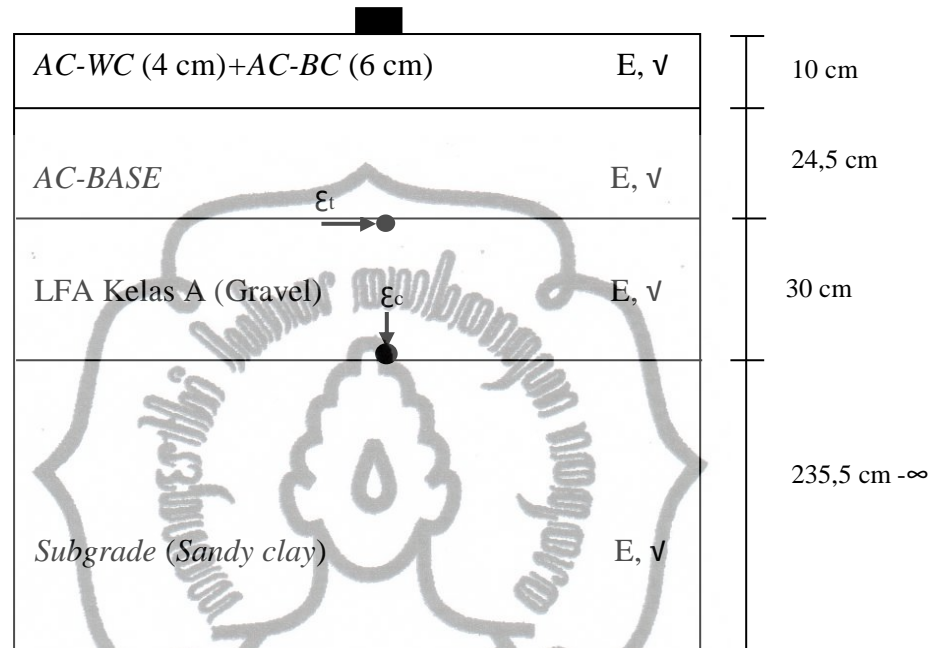


Gambar 9.5. Rekomendasi Hasil Penelitian Berupa Penambahan Faktor Konversi (v) pada Nilai Modulus Elastisitas (E) pada Prosedur Desain Perkerasan Lentur Menggunakan Pendekatan Mekanistik Bina Marga 2017
(Sumber: Bina Marga (2017) dan Hasil Penelitian)

D. Aplikasi Penggunaan Faktor Konversi (v) pada Nilai Modulus Elastisitas (E) pada Prosedur Desain Perkerasan Lentur Menggunakan Pendekatan Mekanistik Bina Marga 2017

Pada bagian ini akan diberikan contoh penggunaan faktor konversi (v) pada nilai modulus elastisitas pada prosedur desain perkerasan lentur menggunakan pendekatan mekanistik sesuai Manual Perkerasan Jalan 2017. Struktur perkerasan lentur yang digunakan mengacu bagan desain 3B tipe FFF9 pada Manual Perkerasan Jalan 2017 (Bina Marga, 2017) sebagaimana Gambar 9.6, sedangkan karakteristik perkerasan lentur yang digunakan disajikan pada Tabel 9.1. Struktur perkerasan memikul beban gandar 80 kN terbagi pada 4 roda, sehingga masing-masing roda memikul beban 20 kN dengan tekanan ban 750 kPa.

Dengan memasukkan faktor konversi (v) pada nilai modulus elastisitas dalam prosedur desain perkerasan lentur menggunakan pendekatan mekanistik sesuai Manual Perkerasan Jalan 2017 ini, diharapkan walaupun yang digunakan dalam desain adalah asumsi elastik tapi bisa mendekati asumsi viskoelastik campuran beraspal di Indonesia.



Gambar 9.6. Konstruksi Perkerasan Lentur yang Digunakan untuk Perhitungan
(Gambar Tanpa Skala)
(Sumber: Bina Marga (2017) dan Hasil Penelitian)

Tabel 9.1. Karakteristik Perkerasan Lentur yang Digunakan untuk Perhitungan

Lapisan	Tebal (cm)	Poisson's Ratio (v)	Modulus elastisitas (E), kPa	Modulus elastisitas (E) campuran beraspal, kPa	
				Elastik = E	Viskoelastik = $v.E$ (v AC-WC = 0,285)
Lapis permukaan AC-WC+AC-BC	10	0,4	-	1.100.000	786.500
AC-Base	24,5	0,4	-	1.100.000	786.500
Lapis pondasi LFA Kelas A (Gravel)	30	0,35	150.000	-	-
Tanah dasar Sandy clay	235,5 - ∞	0,45	60.000	-	-

Sumber: Bina Marga (2017) dan Hasil Penelitian

Dengan menggunakan *software ABAQUS* dapat dihitung respon yang terjadi pada perkerasan lentur, yaitu nilai regangan tarik horizontal (ϵ_t) di bawah lapisan beraspal dan nilai regangan tekan vertikal (ϵ_c) yang terjadi di atas tanah dasar akibat repetisi beban lalu lintas, seperti ditunjukkan pada Tabel 9.2.

Tabel 9.2. Nilai Regangan dan Jumlah Repetisi Beban yang Digunakan untuk Perhitungan

Letak Respon yang Ditinjau	Regangan tarik horizontal (ϵ_t)		Regangan tekan vertikal (ϵ_c)		Jumlah Repetisi ijin beban rencana, ESAL	
	Elastik	Visko elastik	Elastik	Visko elastik	Elastik	Viskoelastik
Di bawah lapisan beraspal	5,984 E-05	9,586 E-05	-	-	61.021.171	12.314.522
Di atas tanah dasar	-	-	18,01 E-05	23,3 E-05	79.286.228	25.031.115

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 9.2 menunjukkan bahwa repetisi beban ijin rencana yang dihitung berdasarkan regangan kritis untuk menentukan umur *fatigue* dan umur *rutting*, dengan pengasumsian campuran beraspal pada struktur perkerasan lentur bersifat elastik dan viskoelastik. Pengasumsian viskoelastik yang dilakukan dengan cara memasukkan faktor konversi (v) pada nilai modulus elastisitas dalam prosedur desain perkerasan lentur menggunakan pendekatan mekanistik sesuai Manual Perkerasan Jalan 2017 ini, akan lebih realistis jika digunakan pada desain perkerasan lentur. Strain yang dihasilkan pada pengasumsian viskoelastik lebih besar daripada pengasumsian elastik. Dengan menggunakan nilai strain yang besar dalam desain perkerasan lentur, akan menghasilkan kebutuhan tebal lapisan perkerasan lentur serta persyaratan material/modulus yang lebih besar, sehingga bisa diperoleh sisa umur layan yang lebih panjang serta dihasilkan long life pavement yang lebih lama.

Dengan menggunakan *trial and error*, berdasarkan nilai regangan kritis sesuai beban rencana yang akan diterima, dilakukan analisis perencanaan tebal lapisan perkerasan, atau material (modulus elastisitas material), atau keduanya. Analisis diulangi secara iteratif untuk menghitung regangan kritis, sehingga diperoleh struktur yang memenuhi kriteria desain. Perhitungan dilakukan menggunakan *software ABAQUS*.

Sebagai contoh perhitungan, jika beban rencana yang akan diterima struktur perkerasan lentur pada umur layan tertentu adalah 61.021.171 ESAL, dengan nilai

regangan kritikal sebesar $5,984E-05$. Supaya umur layan perkerasan lentur dengan asumsi elastik lapisan beraspal AC-WC mendekati umur layan asumsi viskoelastik, pada desain perkerasan lentur secara mekanistik di Indonesia, sesuai dengan jenis struktur dan tipikal perkerasan yang digunakan di Indonesia mengacu Manual Perkerasan Jalan 2017, dapat dilakukan dengan dua alternatif. Alternatif pertama adalah pada nilai modulus elastisitas yang sama (sesuai nilai modulus elastisitas pada Manual Perkerasan Jalan 2017) untuk mendapatkan strain yang sama, ketebalan lapisan beraspal pada perkerasan lentur pada asumsi viskoelastik akan lebih besar daripada asumsi elastik. Sedangkan alternatif kedua adalah pada ketebalan lapisan beraspal yang sama (sesuai tebal lapisan beraspal pada perkerasan lentur, Manual Perkerasan Jalan 2017), nilai modulus elastisitas lapisan beraspal pada perkerasan lentur pada asumsi viskoelastik akan lebih besar daripada asumsi elastik. Untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi bisa menggunakan material maju, misalnya dengan memakai campuran aspal yang dimodifikasi dengan polimer.

Tabel 9.3 dan Gambar 9.7 menunjukkan penyesuaian umur layan yang sama dengan menyesuaikan nilai modulus elastisitas (E) pada ketebalan lapisan perkerasan yang sama. Sementara penyesuaian umur layan yang sama dengan menyesuaikan nilai tebal lapisan perkerasan pada nilai modulus elastisitas (E) yang sama disajikan pada Tabel 9.4 dan Gambar 9.8.

Tabel 9.3. Penyesuaian Umur Layan yang Sama dengan Menyesuaikan Nilai Modulus Elastisitas (E) Pada Ketebalan Lapisan Perkerasan yang Sama

No.	Lapisan Perkerasan Lentur	Tebal (cm)	Modulus Elastisitas (E), kPa	Modulus Elastisitas (E) Campuran Beraspal yang Dibutuhkan dengan Tebal Lapisan Perkerasan yang Sama, kPa	
				Elastik = E	Viskoelastik = $v.E$ (v AC-WC = 0,285)
1.	Lapis permukaan AC-WC+ AC-BC	10	1.100.000	1.100.000	1.414.600
2.	AC-Base	24,5	1.100.000	1.100.000	1.414.600
3.	Lapis pondasi LFA Kelas A (Gravel)	30	150.000	150.000	150.000
4.	Tanah dasar Sandy clay	235,5 - ∞	60.000	60.000	60.000

Sumber: Hasil Penelitian

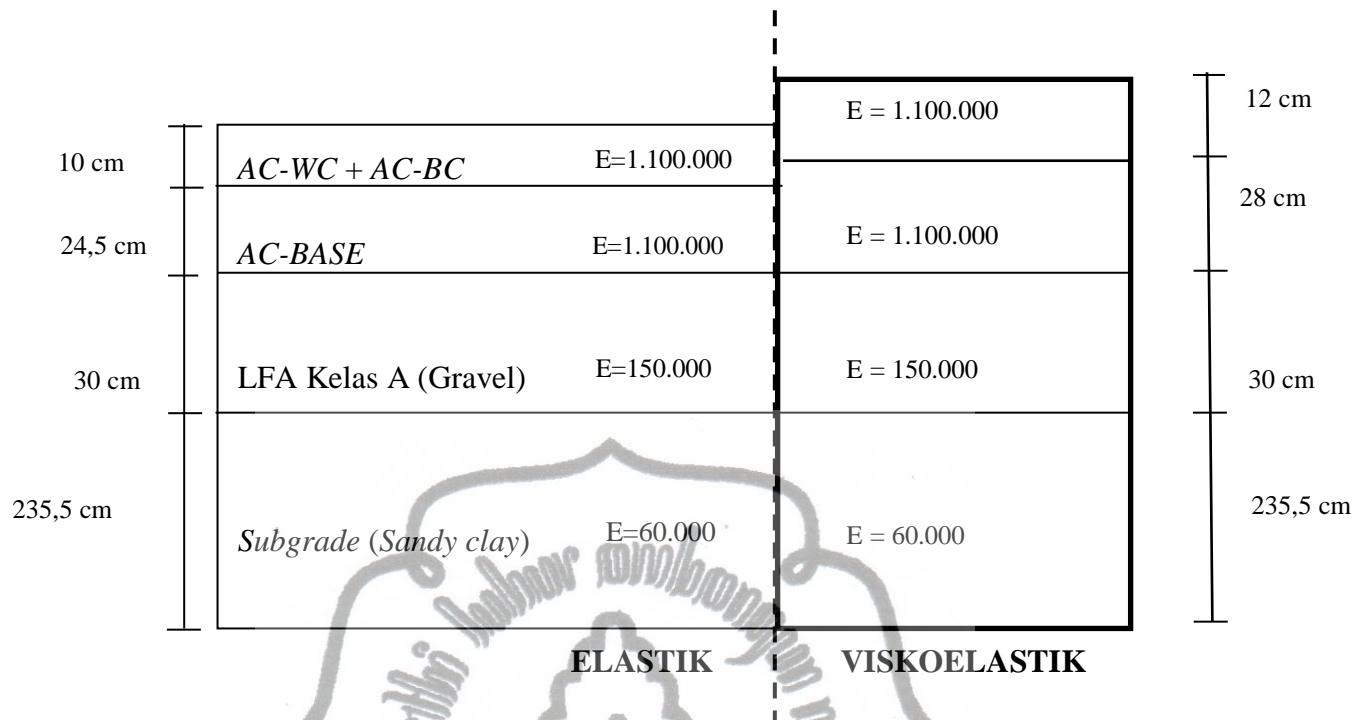
<i>AC-WC + AC-BC</i>	$E=1.100.000$	$E=1.414.600$	10 cm
<i>AC-BASE</i>	$E=1.100.000$	$E=1.414.600$	24,5 cm
LFA Kelas A (Gravel)	$E=150.000$	$E=150.000$	30 cm
<i>Subgrade (Sandy clay)</i>	$E=60.000$	$E=60.000$	235,5 cm
ELASTIK		VISKOELASTIK	

Gambar 9.7. Ilustrasi Penyesuaian Umur Layan yang Sama dengan Menyesuaikan Nilai Modulus Elastisitas (E) Pada Ketebalan Lapisan Perkerasan yang Sama
(Gambar Tanpa Skala)
(Sumber: Hasil Penelitian)

Tabel 9.4. Penyesuaian Umur Layan yang Sama dengan Menyesuaikan Nilai Tebal Lapisan Perkerasan Pada Modulus Elastisitas (E) yang Sama

No.	Lapisan Perkerasan Lentur	Tebal (cm)	Modulus Elastisitas (E), kPa	Tebal Lapisan Perkerasan yang Dibutuhkan pada Modulus Elastisitas (E) Campuran Beraspal yang Sama, cm	
				Elastik	Viskoelastik
1.	Lapis permukaan AC-WC+AC-BC	10	1.100.000	10	12
2.	AC-Base	24,5	1.100.000	24,5	28
3.	Lapis pondasi LFA Kelas A (Gravel)	30	150.000	30	30
4.	Tanah dasar <i>Sandy clay</i>	235,5	60.000	235,5	235,5

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 9.8. Ilustrasi Penyesuaian Umur Layan yang Sama dengan Menyesuaikan Nilai Tebal Lapisan Perkerasan Pada Modulus Elastisitas (E) yang Sama
(Gambar Tanpa Skala)
(Sumber: Hasil Penelitian)

E. Perbandingan Metode Desain Perkerasan Lentur Secara Empiris dan Mekanistik di Indonesia

Berikut ini adalah perbandingan antara berbagai metode desain perkerasan lentur yang ada di Indonesia, baik menggunakan metode empiris, mekanistik, dan hasil dari penelitian, seperti terlihat pada Tabel 9.5.

Tabel 9.5. Perbandingan antara Metode Desain Perkerasan Lentur Secara Empiris dan Secara Mekanistik di Indonesia

No.	Variabel	Metode Empiris		Metode Mekanistik	
		Metode Analisa Komponen (SNI 1732-1989-F), diadopsi dari AASHTO 1972	Metode Bina Marga 2002 (Pt T-01-2002-B), diadopsi dari AASHTO 1993	Manual Perkerasan Jalan 2017 - Elastik	Viskoelastik (Hasil Penelitian)
1.	Kuat dukung tanah dasar	<i>CBR (California Bearing Ratio)</i>	<i>M_R (Modulus resilient)</i>	E (Modulus Elastisitas)	E (Modulus Elastisitas)
2.	Kekuatan material di setiap lapisan	a (Koefisien kekuatan relatif bahan)	a (Koefisien kekuatan relatif bahan)	E (Modulus Elastisitas)	E (Modulus Elastisitas) untuk material tidak beraspal
3.	Kekuatan lapisan permukaan	a (Koefisien kekuatan relatif bahan)	a (Koefisien kekuatan relatif bahan)	E (Modulus Elastisitas)	v. E
4.	<i>ESAL</i> maksimum (10^6)	20	50	500	Bisa lebih dari 500
5.	Penentuan tebal lapisan-lapisan perkerasan	Menggunakan nomogram	Menggunakan nomogram	Menggunakan tabel	Bisa disesuaikan dengan desain untuk menghasilkan <i>strain</i> yang aman
6.	Jenis bahan penyusun lapis permukaan	Laston, lasbutag, HRA, Penetrasi Makadam, lapen	Laston, lasbutag, lapen, HRA, Buras, Burtu/Burda)	<i>AC-WC, HRS-WC, AC-BC</i>	Memungkinkan menggunakan material lain yang lebih maju.
7.	Jenis bahan penyusun lapis pondasi atas	Laston atas, Lapen, stabilisasi dengan semen, stabilisasi dengan kapur, batu pecah kelas A, batu pecah kelas B, batu pecah kelas C	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen/kapur, lapen, pondasi makadam	<i>AC Base, HRS Base, CTB</i>	Memungkinkan menggunakan material lain yang lebih maju.

Sumber: Bina Marga (2017) dan Hasil Penelitian

Lanjutan Tabel 9.5. Perbandingan antara Metode Desain Perkerasan Lentur Secara Empiris dan Secara Mekanistik di Indonesia

No.	Variabel	Metode Empiris		Metode Mekanistik	
		Metode Analisa Komponen (SNI 1732-1989-F), diadopsi dari AASHTO 1972	Metode Bina Marga 2002 (Pt T-01-2002-B), diadopsi dari AASHTO 1993	Manual Perkerasan Jalan 2017- Elastik	Viskoelastik (Hasil Penelitian)
8.	Jenis bahan penyusun lapis pondasi bawah	Sirtu/pitrun kelas A, Sirtu/pitrun kelas B, Sirtu/pitrun kelas C	Batu pecah	Fondasi agregat kelas A, Fondasi agregat kelas B	Memungkinkan menggunakan material lain yang lebih maju.
9.	Kinerja perkerasan dengan material baru dapat dievaluasi berdasarkan sifat-sifat mekanis material yang bersangkutan	Tidak tersedia	Tidak tersedia	Tersedia	Tersedia
10.	Mengevaluasi respon perkerasan terhadap kerusakan perkerasan secara spesifik (<i>fatigue dan rutting</i>)	Tidak tersedia	Tidak tersedia	Tersedia	Tersedia
11.	Analisa sisa umur layan	Tidak tersedia	Tidak tersedia	Tersedia	Tersedia

Sumber: Bina Marga (2017) dan Hasil Penelitian

