

BAB VIII. ANALISIS SISA UMUR LAYAN PERKERASAN LENTUR MENUJU *LONG LIFE PAVEMENT*

Pada Bab VIII ini akan dibahas tentang analisis sisa umur layan perkerasan lentur menuju *long life pavement*. Analisis *long life pavement* diprediksi berdasarkan analisis sisa umur layan. Sementara perhitungan sisa umur layan didasarkan pada kerusakan perkerasan akibat pembebanan berulang, yang menyebabkan *fatigue* dan *rutting*. *Fatigue* adalah kerusakan pada perkerasan lentur, yang disebabkan oleh regangan tarik horisontal (*horizontal tensile strain*) di bawah lapisan beraspal yang berlebihan akibat repetisi beban lalu lintas. Sementara *rutting* merupakan kerusakan pada perkerasan lentur yang disebabkan karena regangan tekan vertikal (*vertical compressive strain*) di atas *subgrade* yang berlebihan akibat repetisi beban lalu lintas.

Penentuan jumlah repetisi beban ijin saat mencapai *fatigue* dan *rutting* dihitung menggunakan nilai regangan yang terjadi pada perkerasan lentur akibat pembebanan lalu lintas, merujuk pada rumus *The Asphalt Institute* (1982). Regangan yang ditinjau meliputi: *horizontal tensile strain* di bawah lapisan beraspal, dan *vertical compressive strain* di atas tanah dasar. Nilai regangan ditentukan menggunakan *Software KENPAVE*.

Selanjutnya berdasarkan jumlah repetisi beban ijin saat mencapai *fatigue* dan *rutting*, dapat ditentukan sisa umur layan perkerasan lentur tersebut. Formula yang digunakan untuk menentukan sisa umur layan mengacu pada AASHTO 1993. Prosedur penentuan sisa umur layan menuju *long life pavement* akan diuraikan pada Sub Bab berikut.

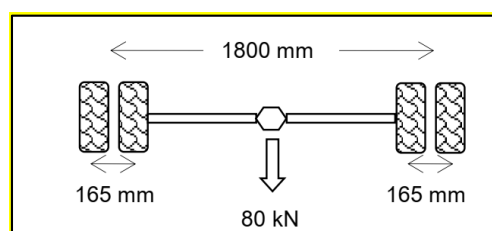
A. Perhitungan Regangan Menggunakan *Software KENPAVE*

Software KENPAVE adalah *software* yang digunakan untuk perencanaan perkerasan, yang dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang, P.E (Huang, 2012). *Software* ini menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic* dan dapat dioperasikan pada sistem *Windows*. Program *KENPAVE* mampu menganalisis struktur perkerasan lentur dan kaku. Tampilan *software KENPAVE* ditunjukkan pada Gambar 8.1.



Gambar 8.1. Tampilan Utama Program *KENPAVE*
(Sumber: Huang (2012))

Data yang diperlukan sebagai masukan dalam program *KENPAVE* adalah modulus elastisitas, *poisson ratio*, dan tebal dari lapisan perkerasan, serta beban lalu lintas. Nilai modulus elastisitas (E) untuk campuran beraspal diperoleh dari pengujian modulus dinamik campuran beraspal *AC-WC* dan *HRS-WC* pada suhu 25°C dan 41°C , yang mewakili suhu perkerasan di Indonesia, dan pada frekuensi 0,1 Hz, karena frekuensi 0,1 Hz mewakili kendaraan yang bergerak dengan kecepatan lambat. *Poisson ratio* (ν) pada setiap lapisan pada konstruksi perkerasan lentur serta karakteristik perkerasan lentur mengacu pada Manual Perkerasan Jalan 2017, sebagaimana disajikan pada Tabel 8.1 dan Gambar 8.3. Sementara beban lalu lintas yang diperhitungkan merupakan beban standar, berupa beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 8,16 ton (80 kN), seperti ditunjukkan pada Gambar 8.2.

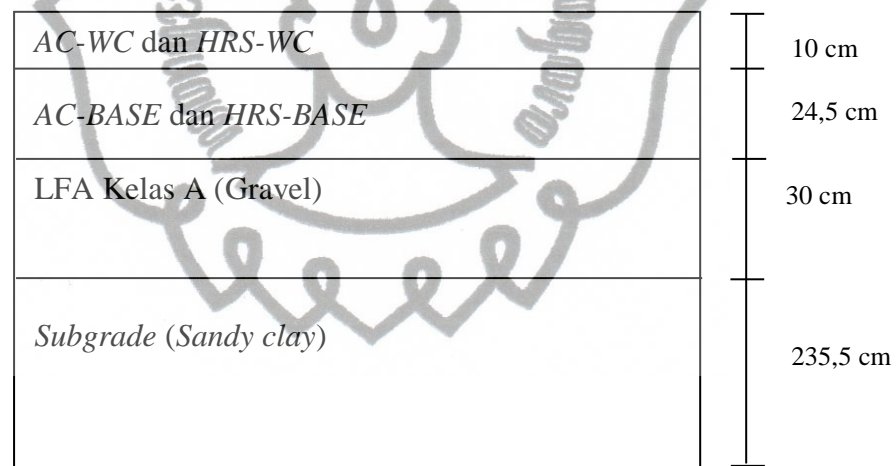


Gambar 8.2. Beban Standar di Indonesia
(Sumber: Bina Marga (2017))

Tabel 8.1. Karakteristik Perkerasan Lentur untuk Perhitungan Respon Perkerasan Lentur

Lapisan	Tebal (cm)	Karakteristik	
		AC-WC	HRS-WC
Lapis permukaan	10	<i>AC-WC</i> - $E = 1.100.000 \text{ kPa (25}^\circ\text{C)}$ - $E = 369.453,9 \text{ Pa} \approx 500.000 \text{ kPa (41}^\circ\text{C)}$ - $\nu = 0,4$	<i>HRS-WC</i> - $E = 800.000 \text{ kPa (25}^\circ\text{C)}$ - $E = 206.218,1 \text{ kPa} \approx 300.000 \text{ kPa (41}^\circ\text{C)}$ - $\nu = 0,4$
	24,5	<i>AC BASE \approx AC-WC</i> - $E = 1.100.000 \text{ kPa (25}^\circ\text{C)}$ - $E = 500.000 \text{ kPa (41}^\circ\text{C)}$ - $\nu = 0,4$	<i>HRS BASE \approx HRS-WC</i> - $E = 800.000 \text{ kPa (25}^\circ\text{C)}$ - $E = 300.000 \text{ kPa (41}^\circ\text{C)}$ - $\nu = 0,4$
Lapis pondasi	30	<i>LFA Kelas A (Gravel)</i> - $E = 150.000 \text{ kPa}$ - $\nu = 0,35$	<i>LFA Kelas A (Gravel)</i> - $E = 150.000 \text{ kPa}$ - $\nu = 0,35$
Tanah dasar	235,5	<i>Sandy clay</i> - $E = 60.000 \text{ kPa}$ - $\nu = 0,45$	<i>Sandy clay</i> - $E = 60.000 \text{ kPa}$ - $\nu = 0,45$

Sumber: Bina Marga (2017) dan Hasil Penelitian

Gambar 8.3. Konstruksi Perkerasan Lentur untuk Perhitungan Respon Perkerasan Lentur (Gambar tanpa skala)
(Sumber: Bina Marga (2017) dan Hasil Penelitian)

Berdasarkan pada data yang telah diinput, selanjutnya *software KENPAVE* akan melakukan *running*. Luaran yang dihasilkan berupa regangan pada titik yang ditinjau, yaitu: *horizontal tensile strain* yang berada di bawah lapisan beraspal, dan *vertical compressive strain* yang berada di atas tanah dasar. Regangan pada struktur perkerasan yang diakibatkan oleh beban standar seberat 8,16 ton (80 kN), ditampilkan pada Tabel 8.2.

Tabel 8.2. *Horizontal Tensile Strain* dan *Vertical Compressive Strain* pada Perkerasan Lentur dengan Lapisan Permukaan berupa Campuran Aspal AC-WC dan HRS-WC

No	Titik Tinjauan (cm)	Lokasi	Strain															
			<i>Horizontal tensile strain</i> (ϵ_t)								<i>Vertical compressive strain</i> (ϵ_c)							
			AC-WC				HRS-WC				AC-WC				HRS-WC			
			elastik		viskoelastik		Elastik		viskoelastik		elastik		viskoelastik		elastik		viskoelastik	
			25° C	41° C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C
1.	34,5	Di bawah lapis HMA (AC-Base atau HRS-Base)	6,09 48E-05	15,8 34E-05	21,03 9-05	45,83 09E-05	6,65 0076 E-05	19,9 381E-05	26,0 236E-05	59,9 36E-05								
2.	64,5	Di atas tanah dasar									17,96 92E-05	33,39 64E-05	51,8 0465 E-05	78,3 4E-05	19,8 71E-05	34,0 51E-05	56,1 8E-05	74,3 709E-05

Sumber: Hasil Penelitian

B. Perhitungan Sisa Umur Layan Menuju *Long Life Pavement*

Untuk menghitung sisa umur layan perkerasan lentur diperlukan beberapa tahap perhitungan, yaitu: analisis lalu lintas, analisis *fatigue*, analisis *rutting*, dan prediksi sisa umur layan. Perhitungan umur *fatigue* dan umur *rutting* yang digunakan untuk memprediksi sisa umur layan pada kondisi elastik maupun viskoelastik pada penelitian ini, menggunakan persamaan yang diusulkan oleh *The Asphalt Institute* (1982). Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan persamaan *The Asphalt Institute* (1982) ini untuk menghitung umur *fatigue* dan umur *rutting* perkerasan lentur pada kondisi elastik. Penelitian sebelumnya tersebut dilakukan oleh Ekwulo dan Eme (2009), Muniandy dkk (2013), Jasim (2015), dan Dinata dkk (2017).

1. Analisis Lalu Lintas

Langkah-langkah perhitungan analisis lalu lintas akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Menghitung LHR

Pada studi ini, tipikal konstruksi perkerasan lentur mengacu pada Manual Perkerasan Jalan (2017) sesuai Bagan Desain 3B, yaitu FFF9 dengan kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana, $CESA = 200$ juta ESAL, sehingga tidak menghitung lalu lintas harian rata-rata (LHR).

b. Menghitung Faktor Pertumbuhan Kendaraan.

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*) sesuai persamaan 8.1 berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i} \quad (8.1)$$

Dengan:

- R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
- UR : umur rencana perkerasan (tahun)
- i : laju pertumbuhan lalu lintas (%), untuk jalan arteri perkotaan 2015-2035 = 4,75%

Perhitungan nilai R untuk tahun ke-1 sampai tahun ke-20 disajikan pada tabel 8.3 berikut:

Tabel 8.3. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R) Selama 20 Tahun

Tahun Ke -	Nilai R	Tahun Ke -	Nilai R
1	1,00	11	14,21
2	2,05	12	15,92
3	3,15	13	17,71
4	4,31	14	19,60
5	5,53	15	21,58
6	6,80	16	23,66
7	8,14	17	25,84
8	9,55	18	28,13
9	11,03	19	30,54
10	12,58	20	33,07

Sumber: Hasil Penelitian

c. Menghitung Nilai ESA

Beban standar sumbu (*Equivalent Standard Axle/ESA*) adalah jumlah beban sumbu lalu lintas pada lajur rencana selama umur rencana, dihitung menggunakan persamaan 8.2.

$$ESA = (\sum \text{jenis kendaraan LHR} \times VDF) \times DL \quad (8.2)$$

Dengan :

ESA = *Equivalent Standard Axle* (ESAL)

LHR = Lalu lintas harian rata-rata

VDF = *Vehicle Damage Factor*

DL = Faktor distribusi lajur

Pada studi ini, tipikal konstruksi perkerasan lentur mengacu pada Manual Perkerasan Jalan 2017, sesuai Bagan Desain 3B, yaitu FFF9 dengan kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana, *CESA* = 200 juta *ESAL* (100-200 juta *ESAL*), sehingga nilai *ESA* dihitung berdasar nilai *CESA*.

$$CESA_{-20} = ESA_4 \times 365 \times R_{-20}$$

$$200.10^6 = ESA_4 \times 365 \times 33,07$$

$$ESA_4 = 16569,253 \text{ ESAL} = 16569 \text{ ESAL}$$

commit to user

d. Menghitung Nilai *CESA*

Kumulatif beban sumbu (*Cumulative Equivalent Single Axle/CESA*) yaitu jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas pada lajur rencana selama umur rencana, dihitung sesuai persamaan 8.3. Hasil perhitungan *CESA* untuk 20 tahun di sajikan pada Tabel 8.4.

$$CESA = ESA \times 365 \times R \quad (8.3)$$

Dengan :

CESA = *Cumulative Equivalent Singel Axle* (ESAL)

ESA = *Equivalent Standard Axle* (ESAL)

R = Faktor Pertumbuhan Kendaraan

Tabel 8.4. Hasil Perhitungan *CESA*

Tahun ke-	<i>ESA</i>	<i>R</i>	<i>CESA (ESAL), N_p</i>
1	16.569	1,00	6.049.510
2		2,05	12.401.495,5
3		3,15	19.055.956,5
4		4,31	26.073.388,1
5		5,53	33.453.790,3
6		6,80	41.136.668
7		8,14	49.243.011,4
8		9,55	57.772.820,5
9		11,03	66.726.095,3
10		12,58	76.102.835,8
11		14,21	85.963.537,1
12		15,92	96.308.199,2
13		17,71	107.136.822,1
14		19,60	118.570.396
15		21,58	130.548.425,8
16		23,66	143.131.406,6
17		25,84	156.319.338,4
18		28,13	170.172.716,3
19		30,54	184.752.035,4
20		33,07	200.000.000

Sumber: Hasil Penelitian

2. Analisis *Fatigue*

The Asphalt Institute (1982) merekomendasikan persamaan untuk mengetahui jumlah repetisi beban ijin saat mencapai *fatigue* sesuai persamaan 8.4 berikut:

$$Nf = 0,0796(\varepsilon_t)^{-3,291}(E)^{-0,854} \quad (8.4)$$

commit to user

Dengan:

- N_f : jumlah repetisi beban ijin saat mencapai *fatigue* (ESAL)
 ϵ_t : *horizontal tensile strain* (regangan tarik horisontal) pada bagian bawah lapis permukaan
 E : modulus elastik lapis permukaan (kPa)

3. Analisis *Rutting*

The Asphalt Institute (1982) merekomendasikan persamaan untuk mengetahui jumlah repetisi beban ijin saat mencapai *rutting* sesuai persamaan 8.5 berikut:

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4.477} \quad (8.5)$$

Dengan:

- N_d : jumlah repetisi beban ijin saat mencapai *rutting* (ESAL)
 ϵ_c : *vertical compressive strain* (regangan tekan vertikal) diatas tanah dasar.

Perhitungan umur *fatigue*, umur *rutting*, dan sisa umur layan perkerasan lentur, dilakukan pada campuran aspal AC-WC dan HRS-WC dengan asumsi elastik dan viskoelastik akibat variasi suhu pembebanan. Berdasarkan pada nilai *horizontal tensile strain* dan *vertical compressive strain* yang disajikan pada Tabel 8.2, maka dapat dihitung jumlah repetisi beban ijin saat mencapai *fatigue* dan *rutting* berdasarkan pada persamaan 8.4 dan 8.5. Hasil perhitungan jumlah repetisi beban saat mencapai *fatigue* dan *rutting* antara elastik dan viskoelastik pada campuran aspal AC-WC dan HRS-WC akibat pengaruh suhu pembebanan tersebut disajikan pada Tabel 8.5. Sementara umur *fatigue* dapat dilihat pada Gambar 8.4 dan umur *rutting* pada Gambar 8.5.

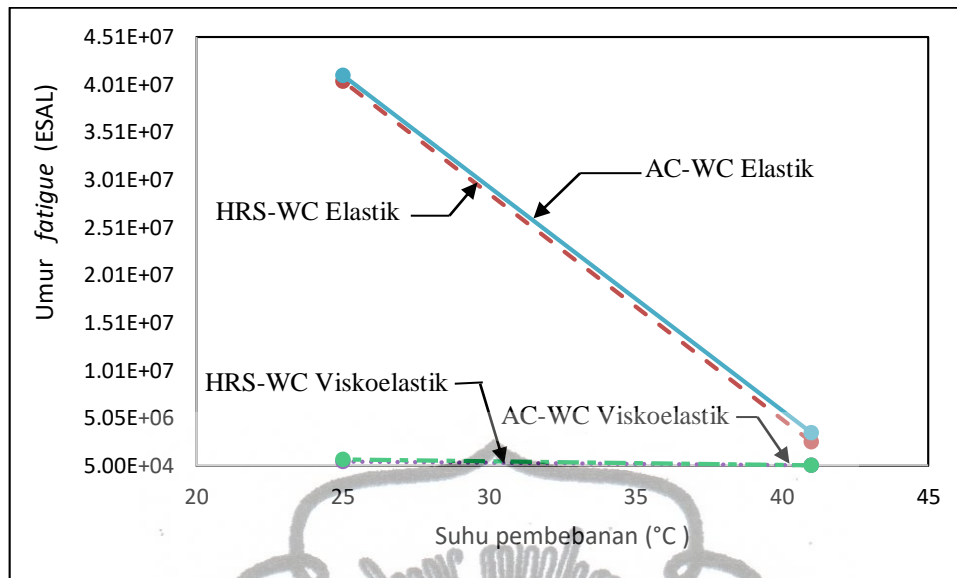
Tabel 8.5. Jumlah Repetisi Beban Saat Mencapai *Fatigue* dan *Rutting* antara Elastik dan Viskoelastik pada Campuran Aspal AC-WC dan HRS-WC Akibat Pengaruh Suhu Pembebanan

Beban sumbu (kN)	Regangan (Strain)															
	ϵ_t								ϵ_c							
	AC-WC				HRS-WC				AC-WC				HRS-WC			
	Elastik		viskoelastik		Elastik		Viskoelastik		Elastik		viskoelastik		Elastik		viskoelastik	
	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C
80	6,0948E-05	15,834E-05	21,039-05	45,8309E-05	6,650076E-05	19,9381E-05	26,0236E-05	59,936E-05	17,9692E-05	33,3964E-05	51,80465E-05	78,34E-05	19,871E-05	34,051E-05	56,18E-05	74,3709E-05
Beban sumbu (kN)	Repetisi Beban (ESAL)															
	N_f								N_d							
	AC-WC				HRS-WC				AC-WC				HRS-WC			
	Elastik		viskoelastik		Elastik		Viskoelastik		Elastik		viskoelastik		Elastik		viskoelastik	
	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C
80	41.045.177	3.476.481	695.806	105.225	40.434.479	2.518.792	453.627	67.310	80.095.381	4.994.929	699.687	109.842	51.050.847	4.579.175	486.693	138.631

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan pada jumlah repetisi beban saat mencapai *fatigue* dan *rutting*, sebagaimana terlihat pada Tabel 8.5, perkerasan akan lebih dahulu mencapai keadaan *fatigue* daripada *rutting*. *Fatigue* terjadi pada repetisi beban sebesar 41.045.177 *ESAL*, dan *rutting* pada repetisi beban sebesar 80.095.381 *ESAL*, untuk perkerasan lentur dengan lapis permukaan menggunakan campuran aspal AC-WC, dengan pengasumsian material bersifat elastik pada suhu perkerasan 25°C. Hal ini juga terjadi untuk campuran aspal AC-WC dan HRS-WC pada semua suhu perkerasan, dengan pengasumsian material campuran aspal bersifat elastik maupun viskoelastik. Nilai umur *rutting* yang lebih tinggi daripada umur *fatigue*, mengindikasikan bahwa konstruksi perkerasan lentur diletakkan pada tanah dasar yang kuat dan stabil.

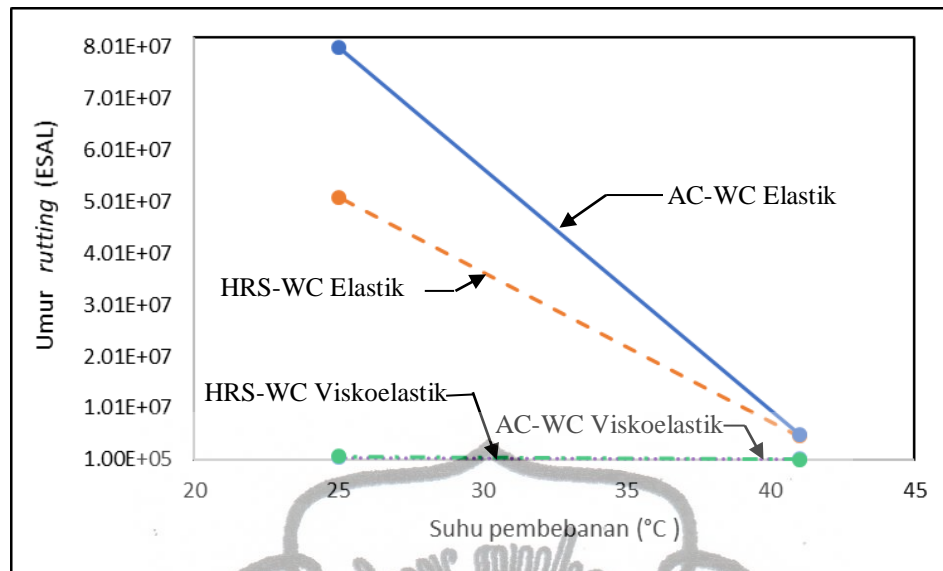
Secara umum terjadinya kegagalan *fatigue* dan *rutting*, baik pada asumsi elastik maupun viskoelastik, akan lebih cepat terjadi pada suhu tinggi daripada suhu rendah. Namun demikian pada suhu tinggi yang sama, tercapainya *fatigue* dan *rutting* akan lebih cepat pada asumsi viskoelastik daripada elastik. Hal ini sesuai dengan teori dasar yang menyebutkan bahwa sifat viskoelastik campuran aspal dipengaruhi oleh suhu pembebanan, sementara asumsi elastik tidak demikian. Pada pembebanan suhu tinggi menyebabkan *horizontal tensile strain* maupun *vertical compressive strain* lebih besar, sehingga menyebabkan umur *fatigue* dan umur *rutting* menjadi lebih kecil. Umur *fatigue* dan umur *rutting* untuk perkerasan lentur dengan lapisan permukaan AC-WC lebih tinggi daripada HRS-WC untuk semua suhu perkerasan, dan pengasumsian elastik maupun viskoelastik. Campuran aspal AC-WC yang mempunyai gradasi menerus serta mempunyai modulus lebih besar akan lebih stabil ketika menerima beban lalu lintas di atasnya, sehingga *horizontal tensile strain* maupun *vertical compressive strain* lebih kecil daripada HRS-WC yang bergradasi senjang. Hal ini senada dengan penelitian yang dilakukan Harnaeni, dkk. (2018), bahwa campuran aspal dengan gradasi menerus mempunyai kekakuan yang lebih tinggi daripada campuran aspal dengan gradasi senjang.



Gambar 8.4. Perbandingan Umur *Fatigue* antara Elastik dan Viskoelastik pada Campuran Aspal AC-WC dan HRS-WC Akibat Pengaruh Suhu Pembebanan (Sumber: Hasil Penelitian)

Berdasarkan pada perbandingan umur *fatigue* antara elastik dan viskoelastik pada campuran aspal AC-WC dan HRS-WC akibat pengaruh suhu pembebanan, sebagaimana disajikan pada Gambar 8.4, dapat disimpulkan bahwa nilai umur *fatigue* kedua campuran aspal, baik AC-WC maupun HRS-WC, pada pengasumsian sifat elastik lebih besar daripada viskoelastik.

Sementara dari tinjauan jenis material, campuran aspal AC-WC mempunyai umur *fatigue* lebih lama daripada HRS-WC. Hal ini karena nilai modulus elastisitas campuran aspal AC-WC lebih besar daripada HRS-WC. Selain itu AC-WC yang bergradasi menerus akan menyebabkan *interlocking* yang terjadi semakin tinggi, sehingga stabilitas campuran aspal AC-WC akan lebih besar daripada HRS-WC yang bergradasi senjang. Lebih lanjut perilaku ini akan menyebabkan nilai *horizontal tensile strain* yang terjadi di bawah lapisan beraspal campuran aspal AC-WC lebih kecil daripada HRS-WC, sehingga menyebabkan umur *fatigue* perkerasan lentur dengan lapisan permukaan AC-WC lebih lama daripada campuran aspal HRS-WC.



Gambar 8.5. Perbandingan Umur *Rutting* antara Elastik dan Viskoelastik pada Campuran Aspal AC-WC dan HRS-WC Akibat Pengaruh Suhu Pembebanan (Sumber: Hasil Penelitian)

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbandingan umur rutting dari kedua campuran aspal akibat pengaruh suhu pembebanan, memiliki perilaku yang identic dengan umur fatigue sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 8.5.

4. Prediksi Sisa Umur Layan Menuju *Long Life Pavement*

Untuk menghitung sisa umur layan harus mencari jumlah lalu lintas aktual perkerasan (N_p) dan jumlah lalu lintas saat mencapai kondisi runtuh akibat *fatigue* atau *rutting* ($N_{1,5}$). AASTHO (1993) merekomendasikan persamaan untuk mencari sisa umur layan (*Remaining Life*) sesuai persamaan 8.6. berikut:

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right] \quad (8.6)$$

Dengan:

RL = Sisa umur layan (%)

N_p = Jumlah lalu lintas aktual perkerasan (ESAL)

$N_{1,5}$ = Jumlah lalu lintas saat mencapai batas *fatigue* atau *rutting* (ESAL)

= N_f atau N_d (ESAL). N_f dan N_d ditunjukkan dalam persamaan 8.4 dan 8.5.

Hasil perhitungan sisa umur layan selama 20 tahun di sajikan pada Tabel 8.6.

Tabel 8.6. Hasil Perhitungan Sisa Umur Layan Konstruksi Perkerasan Lentur dengan Pengasumsian Campuran Aspal Bersifat Elastik dan Viskoelastik pada Suhu Pembebanan 25°C dan 41°C

Tahun ke-	N _p (ESAL)	N _{1,5} (ESAL)															
		Fatigue								Rutting							
		AC-WC				HRS-WC				AC-WC				HRS-WC			
		Elastik		Viskoelastik		Elastik		Viskoelastik		Elastik		Viskoelastik		Elastik		Viskoelastik	
		25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C
		41.043.188	3.476.167	581.138	105.225	40.434.481	2.518.897	453.627	67.311	80.095.451	4.994.912	699.687	109.821	51.055.994	4.579.320	486.693	138.631
1	6.049.510																
2	12.401.495,5																
3	19.055.956,5																
4	26.073.388,1																
5	33.453.790,3																
6	41.136.668																
7	49.243.011,4																
8	57.772.820,5																
9	66.726.095,3																
10	76.102.835,8																
11	85.963.537,1																
12	96.308.199,2																
13	107.136.822,1																
14	118.570.396																
15	130.548.425,8																
16	143.131.406,6																
17	156.319.338,4																
18	170.172.716,3																
19	184.752.035,4																
20	200.000.000																

Sumber: Hasil Penelitian

Lanjutan Tabel 8.6. Hasil Perhitungan Sisa Umur Layan Konstruksi Perkerasan Lentur dengan Pengasumsian Campuran Aspal Bersifat Elastik dan Viskoelastik pada Suhu Pembebanan 25°C dan 41°C

Tahun ke-	Np (ESAL)	Sisa umur layan (%)															
		Fatigue								Rutting							
		AC-WC				HRS-WC				AC-WC				HRS-WC			
		Elastik		Viskoelastik		Elastik		Viskoelastik		Elastik		Viskoelastik		Elastik		Viskoelastik	
		25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C	25°C	41°C
1	6.049.510	85,3	failure	failure	failure	85	failure	failure	failure	92	failure	failure	failure	88	failure	failure	failure
2	12.401.495,5	69,78				69				85				76			
3	19.055.956,5	54				52				76				63			
4	26.073.388,1	36				35				67				49			
5	33.453.790,3	18,5				17				58				35			
6	41.136.668	failure				failure				49				19			
7	49.243.011,4									39				4			
8	57.772.820,5									28				failure			
9	66.726.095,3									17							
10	76.102.835,8									5							
11	85.963.537,1									failure							
12	96.308.199,2																
13	107.136.822,1																
14	118.570.396																
15	130.548.425,8																
16	143.131.406,6																
17	156.319.338,4																
18	170.172.716,3																
19	184.752.035,4																
20	200.000.000																

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan sisa umur layan konstruksi perkerasan lentur dengan pengasumsian campuran aspal bersifat elastik dan viskoelastik pada suhu pembebanan 25°C dan 41°C, sebagaimana disajikan pada Tabel 8.6, dapat disimpulkan bahwa sisa umur layan akibat *fatigue* pada beban standar 8,16 Ton dan suhu perkerasan 25°C, dengan pengasumsian material campuran aspal bersifat elastik pada tahun ke-1 adalah sebesar 85,3% untuk struktur perkerasan lentur dengan lapisan permukaan menggunakan campuran aspal AC-WC dan 85% untuk HRS-WC. Konstruksi perkerasan lentur dengan pengasumsian elastik akan mengalami *failure* pada tahun ke 6, pada suhu perkerasan 25°C untuk struktur perkerasan lentur dengan lapisan permukaan menggunakan campuran aspal AC-WC dan campuran aspal HRS-WC. Sementara tidak ada sisa umur layan struktur perkerasan lentur akibat *fatigue*, dengan lapisan permukaan menggunakan campuran aspal AC-WC dan HRS-WC pada suhu perkerasan 41°C untuk pengasumsian elastik, serta 25°C dan 41°C dengan pengasumsian material campuran aspal bersifat viskoelastik.

Tabel 8.6 juga menjelaskan bahwa sisa umur layan akibat *fatigue* maupun *rutting* pada campuran aspal AC-WC lebih lama daripada HRS-WC. Hal ini disebabkan oleh modulus elastisitas campuran aspal AC-WC lebih besar daripada HRS-WC. 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. Hal ini menyebabkan *horizontal tensile strain* maupun *vertical compressive strain* lapisan beraspal campuran aspal AC-WC lebih kecil daripada campuran aspal HRS-WC, sehingga campuran aspal AC-WC lebih tahan terhadap *fatigue* maupun *rutting* daripada campuran aspal HRS-WC.

Berdasarkan pada uraian di atas dapat disimpulkan bahwa dengan pengasumsian elastik pada konstruksi perkerasan lentur dengan lapisan permukaan menggunakan campuran aspal AC-WC dan HRS-WC, akan mempunyai umur *fatigue*, umur *rutting* dan sisa umur layan yang lebih besar daripada pengasumsian viskoelastik. Hal ini mengindikasikan bahwa pengasumsian viskoelastik akan lebih realistis jika digunakan pada desain perkerasan lentur. Regangan yang dihasilkan pada pengasumsian viskoelastik lebih besar daripada pengasumsian elastik. Penggunaan nilai regangan yang besar dalam desain perkerasan lentur, akan menghasilkan kebutuhan tebal lapisan perkerasan lentur serta persyaratan material/nilai modulus yang lebih besar, sehingga bisa diperoleh sisa umur layan yang lebih panjang serta dihasilkan *long life pavement* yang lebih lama.