

PREDIKSI UMUR RENCANA FLEXIBLE PAVEMENT MENGGUNAKAN METODE HDM III

Sri Wahyuni Ramadhan¹⁾, Syamsul Arifin²⁾, Made Oka³⁾

¹⁾Student of Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Tadulako University, Palu

²⁾Associate Professor of Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Tadulako University, Palu

³⁾Associate Professor of Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Tadulako University, Palu

ABSTRACT

Outputs that need to be known in designing AC WC flexible pavement construction is how long the infrastructure can provide services based on the quality and accumulation of the available load, in other word during the service period it is expected that there will be no significant damage to the construction. According to the World Bank terminology that the "pavement age" is the service life up to the initiation of a fine crack on the pavement surface, while "pavement life" is the service period at the time of occurrence of 50% cracks. The modulus of elasticity of asphalt mixture, value of each of pavement layer strength coefficient material, bearing capacity of the subgrade and design of annual accumulation data of 8.16 tons standard axle load is essential to predict pavement age and pavement life of construction with HDM III method provided by the World Bank. The purpose of this research is to analyze the effect of traffic accumulation, effective gravity weight of aggregate fraction mixture (Gse) and mixed asphalt content to the pavement age and pavement life of flexible pavement construction. The largest and smallest of design life, both in pavement age and in pavement life, occur in Gse and asphalt content level of 2,738 and 6,5% respectively. The longest and shortest time of achievement of the pavement age are 4.64 and 4.10 years respectively. While the longest and shortest period of achievement pavement life respectively 10.64 and 10.10 years.

Keywords: *Gse, HDM III, AC WC, Pavement age, Pavement Life*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kabupaten Morowali merupakan Kabupaten yang terbentuk dari hasil pemekaran wilayah Kabupaten Poso Propinsi Sulawesi Tengah berdasarkan Undang-undang RI Nomor 51 Tahun 1999. Sejak kabupaten ini terbentuk, jalan yang terbangun adalah sepanjang 717,40 KM. Dari panjang ruas jalan tersebut, terdapat satu jalan sepanjang 8,40 Km yang ruasnya berada dalam pusat Kota Bungku, dengan lebar 28 m. Ruas jalan ini sangat bernilai ekonomis bagi masyarakat Kabupaten Morowali, karena menghubungkan beberapa desa dan kelurahan yang ada di sekitar Pusat Kota Bungku. Menyadari urgensi jalan tersebut, penulis merasa tertarik untuk membuat tulisan ilmiah sebagaimana judul yang diajukan, yaitu: Prediksi Umur Rencana Flexible Pavement Menggunakan Metode HDM III.

Dalam memprediksi umur rencana jalan khususnya konstruksi jalan lentur (flexible pavement), salah satu faktor penting yang menyita perhatian para ahli adalah aspek "design life". Terdapat dua terminologi terkait design life tersebut yaitu aspek "Pavement Age" yang berarti umur layanan hingga mulai terjadinya retak halus, dan aspek "Pavement Life" yang diartikan sebagai umur layanan pada saat telah terjadi sedikitnya 50% retak di permukaan jalan (Molenar, 1994). Perbaikan retak halus yang biasa disebut cracks filling masih memungkinkan dilakukan pada kondisi pavement age tercapai, sehingga retak yang lebih besar dapat dicegah, sementara jika pavement life terjadi maka sudah diperlukan penanganan utama (major maintenance) untuk mengembalikan fungsi konstruksi jalan agar kembali dapat digunakan.

Terkait hal di atas, Ringroad Bawah Fonuasingko – Bungku, merupakan ruas jalan Kabupaten sepanjang 8,40 KM, yang telah dibangun sejak Tahun 2011 yang lalu dengan lapis permukaan AC BC. Mengingat pertumbuhan lalu lintas berbagai jenis kendaraan baik dari sisi jumlah maupun komposisi kendaraan berat yang cenderung meningkat dari tahun ke tahun, maka pemerintah daerah melalui Dinas PU Tingkat II Kabupaten Morowali berencana melakukan peningkatan lapis permukaan dari AC BC menjadi AC WC. Olehnya itu menjadi hal yang urgen untuk memberi masukan kepada pihak - pihak terkait di atas tentang prediksi umur layanan lapis AC WC yang dapat diharapkan sehubungan dengan rencana peningkatan jalan tersebut. Dengan latar belakang ini, penulis bermaksud melakukan penelitian tugas akhir dengan judul "Prediksi Umur Rencana Flexible Pavement Menggunakan Metode HDM III".

Masalah Yang Dipecahkan

¹ Korespondensi: syam_arfn@yahoo.com

Dengan demikian, rumusan masalah terkait latar belakang di atas, dapat diuraikan sebagai berikut:

- (1) Bagaimana pengaruh akumulasi beban lalu lintas terhadap ketebalan setiap lapis perkerasan lentur dan
- (2) Bagaimana pengaruh beban lalu lintas terhadap umur layanan lapis permukaan beraspal AC WC.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka yang menjadi tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Menganalisis pengaruh akumulasi beban lalu lintas terhadap ketebalan setiap lapis perkerasan lentur.
- 2) Menganalisis pengaruh beban lalu lintas terhadap umur layanan lapis permukaan beraspal AC WC.

Studi Sejenis yang Sudah Dilaksanakan Peneliti Lain

Dalam rangka pelaksanaan penelitian ini, maka perlu menelusuri penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh sejumlah peneliti sehingga jelas kemana arah penelitian yang direncanakan ini. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan didapatkan beberapa, diantaranya adalah sebagai berikut :

Sentosa dan Roza (2012) mengembangkan penelitian tentang struktur perkerasan kaku yang sering terjadi kerusakan perkerasan dan pengurangan umur layan disebabkan kelebihan beban kendaraan. Resume beberapa hasil penelitian terdahulu dirangkum pada Tabel-1.

Tabel.1 Matriks Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan	Sentosa. L dan Roza. AA, 2012.	Untuk mengevaluasi struktur perkerasan Kaku dengan menggunakan metode AASHTO 199.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumbu beban kendaraan lebih dari 17,98% melebihi beban gandar maksimum.
2.	Studi Pengaruh Pengambilan Angka Ekuivalen Beban Kendaraan pada Perhitungan Tebal Perkerasan Fleksibel di Jalan Manado – Bitung.	Abdillah, Dkk, 2013	Mengetahui besarnya perbandingan tebal perkerasan jalan yang didapat dari hasil perhitungan angka ekuivalen dengan metode Bina Marga dan Metode NAASRA.	Nilai total tebal perkerasan yang didapat pada metode Bina Marga (Data Jembatan Timbang) sebesar 38 cm, metode NAASRA sebesar 39 cm, dan metode Bina Marga (1987) 37 cm.
3.	Analisa Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan Jalan Dan Umur Sisa.	Sari, DN, 2014	Mendapatkan nilai derajat kerusakan jalan dari beban overload pada jalan dan umur sisa (remaining life).	Didapatkan bahwa jalan tersebut masih aman untuk 10 tahun kedepan

Berat Jenis Efektif Campuran Fraksi Agregat (Gse)

Sebelum pencampuran panas antara fraksi agregat dengan bahan pengikat, terlebih dahulu dilakukan mix design campuran beraspal AC WC yang diawali dengan penentuan gradasi, diikuti penetapan proporsi masing-masing fraksi agregat dengan cara coba-coba (trial mix by portion). Jika variasi agregat yang digunakan memiliki berat jenis berbeda, maka *Gse* dihitung menggunakan rumus berikut:

$$G = \frac{1}{(X/G_X)+(Y/G_Y)+\dots}$$

dimana X, Y, dan seterusnya adalah persentase berat setiap fraksi agregat penyusun, dengan berat jenis masing - masing G_x , G_y , dan seterusnya. Berat jenis efektif suatu campuran fraksi agregat dengan proporsi yang ditetapkan dengan cara coba- coba di atas merupakan satu jenis *Gse*.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Adapun jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian Eksperimental Kuantitatif, yaitu dengan melakukan analisis lanjutan terhadap data angka yang diperoleh baik dari hasil survey maupun dari hasil uji laboratorium, yang meliputi:

- a) Analisis Utama (Primary Analysis): merupakan analisis asli yang akan dilakukan untuk menghasilkan temuan terkait topik penelitian yang diangkat.
- b) Analisis Sekunder (Secondary Analysis): merupakan analisis lanjutan tentang temuan yang dihasilkan oleh peneliti lain namun masih terkait erat dengan topik penelitian ini.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian adalah di ruas jalan Ringroad Bawah Fonuasingko – Bungku, Kecamatan Bungku Tengah, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Sedangkan waktu penelitian direncanakan selama kurang lebih 2 (dua) bulan sejak seminar proposal ini dilaksanakan.

2.3. Populasi, Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

Populasi adalah keseluruhan subyek penelitian. Apabila seseorang ingin meneliti semua elemen yang ada dalam wilayah penelitian, maka penelitiannya merupakan penelitian populasi atau studi populasi atau study sensus (Sabar, 2007, Sugiyono, 2011). Sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah berupa material (fraksi agregat) yang terdapat di sungai Bahomante, Kecamatan Bungku Tengah, Kabupaten Morowali, untuk kebutuhan analisis penentuan nilai Modulus Elastisitas Campuran Aspal AC-WC (Sme). Sedangkan pengambilan data volume lalu lintas (LHR) akan diadakan melalui survey di lokasi pengambilan sampel yakni di jalan Ringroad Bawah Fonuasingko - Bungku.

2.4. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengumpulan sampel agregat dilakukan dengan mengambil material berbagai fraksi, seperti fraksi $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " (atau $\frac{3}{8}$ "), dan dust, yang diproduksi oleh Stone Crusher yang melakukan pengolahan agregat Sungai Desa Bahomante, sesuai kebutuhan spesifikasi dan jenis fraksi. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal Pen 60/70, yang pemeriksaan sifat fisiknya dilakukan menggunakan aturan lazim: AASHTO. Berikut adalah metode analisis yang akan digunakan:

- 1) Uji Kualitas Teknis Agregat yang meliputi pengujian agregat kasar, agregat halus, dust, dan pasir.
- 2) Pengujian sifat mekanis material, yaitu kekerasan yang menunjukkan ketahanannya terhadap deformasi plastis yang dilakukan dengan Uji Abrasi menggunakan Mesin Los Angelos.
- 3) Perencanaan campuran (mix design) dilakukan dengan penetapan proporsi agregat, diawali penentuan gradasi, diikuti penetapan proporsi pemakaian masing-masing fraksi dengan cara coba-coba (trial mix by portion) sehingga memenuhi spesifikasi gradasi.

2.5. Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

2.5.1. Data Primer

Data ini terdiri dari:

- Berat jenis agregat dan data Sme. Untuk mendapatkan kedua jenis data tersebut, dilakukan melalui uji agregat di laboratorium berdasarkan standar yang sudah ditetapkan.
- Volume lalu lintas (LHR) diambil dari survey langsung di titik lokasi ruas jalan yang akan diteliti. Pengambilan data volume arus lalu lintas digunakan dengan menggunakan metode manual dengan menempatkan surveyor disetiap titik pengamatan. Waktu pengamatan dilaksanakan selama 2 hari yaitu pada hari rabu dan minggu. Untuk hari rabu mewakili 4 hari kerja dalam seminggu, sedangkan hari minggu mewakili hari akhir pekan (sabtu dan minggu). Pengambilan data dilakukan pada jam puncak di waktu pagi dan sore hari dengan periode waktu 15 menit.

2.5.2. Data Sekunder

Data ini meliputi: Peta lokasi jalan Ringroad Bawah Fonuasingko - Bungku dan data kondisi eksisting jalan. Data sekunder diperoleh dari lembaga terkait yakni Dinas Pekerjaan Umum Daerah dan Penataan Ruang Wilayah Kabupaten Morowali, berupa Peta ruas jalan, dan data teknis lainnya yang terkait dengan ruas jalan Ringroad Bawah Fonuasingko – Bungku yang merupakan lokasi sampel penelitian.

2.5.3 Teknik Analisis Data

Teknis analisa data mengacu pada gambar dibawah ini, yang merupakan urutan kegiatan yang dilakukan untuk menentukan nilai Modulus Elastisitas campuran beraspal AC WC (Sme):

3. KARAKTERISTIK PAVEMENT MENURUT HDM III

Berdasarkan berbagai studi pada beberapa negara sedang berkembang, World Bank telah mengembangkan model yang memungkinkan melakukan prediksi terhadap retak (cracking) yang dikenal dengan High Way Model (HDM) III, dimana strength atau kekuatan pavement dikarakteristikan menggunakan "structural number (SNC)".

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kualitas Agregat dan Bahan Pengikat

Sebagaimana diutarakan sebelumnya bahwa telah dilakukan pengujian pendahuluan terhadap material yang diambil dari beberapa quarry yang berbeda

Tabel 2: Berat Jenis dan Penyerapan, Abrasi, serta CBR

Sumber	Jenis Agregat	Bj Bulk	Penyerapan (%)	Abrasi (%)	CBR LPA (%)
Sungai	Kasar	2,770	0,575	20.44	96.835

Halus	2,714	0,806		
Spesifikasi	Min. 2,5	Maks.3%	Maks. 40%	Min. 85%

Pengujian berat jenis dan penyerapan, serta pengujian abrasi dilakukan untuk mengetahui kualitas individu agregat, sementara uji CBR dimaksudkan untuk mengetahui daya pikul beban campuran agregat kasar, agregat halus, dan filler material.

Tabel 3, Hasil Pemeriksaan Bahan Pengikat (Aspal Pen 60/70)

No	Pengujian	Hasil Uji	Spek.	Sat.
1.	Penetrasi (25°C, 5 dtk)	65,8	60-70	mm
2.	Berat Jenis (25°C)	1,032	Min. 1	Gr/cm
3.	Titik Lembek	46,55	45-58	°C
4.	Titik Nyala	335	Min. 200	°C
5.	Daktilitas (25°C, cm/mnt)	156	Min. 100	Cm
6.	Kehilangan Berat (163°C, 5 jam)	0,21	Max. 0,8	% Berat
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat	63,4	Min. 54	% Berat Semula

Pada Tabel 2, terlihat bahwa nilai berat jenis agregat lebih tinggi dibandingkan dengan kebutuhan spesifikasi. Hal ini menggambarkan bahwa material quarry tersebut lebih padat, dan lebih sedikit mengandung rongga udara. Dengan sedikitnya rongga udara berarti tingkat penyerapan air atau penyerapan bahan liquid akan rendah. Adapun hasil pemeriksaan karakteristik teknis bahan pengikat telah memenuhi syarat spesifikasi teknis sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 4. Hasil Mix design Campuran Fraksi Agregat Komposisi Pasir 5%

Uraian	Ukuran Saringan											
	Inch mm	1 1/2" 37,5	1" 25,4	3/4" 19	1/2" 12,7	3/8" 9,5	# 4 4,75	# 8 2,36	# 16 1,18	# 30 0,60	# 50 0,30	# 200 0,075
Data Material												
Fraksi 3/4"	100,0	100,0	100,0	39,0	9,06	0,41	0,35	0,32	0,30	0,27	0,13	
Fraksi 3/8"	100,0	100,0	100,0	99,6	97,91	52,71	26,58	17,83	15,40	14,14	6,25	
Abu Batu	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	99,40	88,05	60,61	43,01	33,08	18,69	
Pasir	100,0	100,0	100,0	38,96	9,06	0,41	0,35	0,32	0,30	0,27	0,13	
Kompisis Campuran												
Fraksi 3/4"	10,00	10,00	10,00	3,90	0,91	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	
Fraksi 3/8"	35,00	35,00	35,00	34,85	34,27	18,45	9,30	6,24	5,39	4,95	2,19	
Abu Batu	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	49,70	44,02	30,30	21,51	16,54	9,34	
Pasir	5,00	5,00	5,00	1,95	0,45	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	
Total Campuran	100,00	100,00	100,00	90,70	85,63	68,21	53,38	36,59	26,94	21,53	11,55	
Spec.gradasi												
max	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0		58,0					10,0
min	100,0	100,0	100,0	90,0	0,0		28,0					4,0
Fuller	100,0	100,0	100,0	82,8	73,20	53,6	39,1	25,1	21,1	15,5	8,3	
Zone Tertutup												
max							39,1	22,3	19,1	15,5		
min							39,1	28,3	23,1	15,5		

4.2. Mix Design Campuran

Setelah melakukan trial mix terhadap fraksi agregat 3/4', agregat 3/8', abu batu, dan pasir, maka diperoleh komposisi setiap fraksi yang memenuhi spesifikasi gradasi. Komposisi setiap fraksi hasil trial mix disajikan pada Tabel 4. Persentase agregat kasar (CA), agregat halus (FA), dan filler (FF) dapat dihitung, yang hasilnya ditampilkan pada Tabel 5.

4.3. Parameter Kinerja Campuran

Persentase setiap fraksi agregat harus diketahui sebelum pembuatan campuran beraspal. Metode yang digunakan untuk mengetahui persentase tersebut adalah *trial mix* terhadap fraksi agregat 3/4', agregat 3/8', Abu batu, dan pasir yang salah satu contoh hasilnya disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan trial mix pada komposisi pasir, maka diperoleh persentase setiap fraksi untuk campuran beraspal. Komposisi fraksi tersebut telah memenuhi spesifikasi gradasi AC WC. Variasi komposisi setiap fraksi agregat dan nilai Gse yang dihasilkan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Gse pada Setiap Komposisi Pasir

Fraksi Agregat	BJ Bulk	BJ App	Komposisi Pasir dalam Campuran				
			0%	5%	10%	15%	18%
			A	B	C	D	E
Fraksi 3/4	2.743	2.797	15	10	5	1	0

Fraksi 3/8	2.824	2.878	45	35	40	38	40
Dust	2.558	2.751	40	50	45	46	42
Pasir	2.626	2.737	0	5	10	15	18
Total			100	100	100	100	100
Komposisi CA, FA, dan FF							
CA, %			52,77	46,62	49,70	49,34	52,33
FA, %			36,93	41,83	39,38	39,67	37,30
FF, %			10,30	11,55	10,93	10,99	10,37
Berat Jenis Campuran Agregat							
Gsb			2,700	2,667	2,675	2,666	2,671
Gsa			2,814	2,798	2,801	2,796	2,798
Gse			2,757	2,733	2,738	2,731	2,734

Berat jenis efektif campuran fraksi agregat (Gse) disajikan pada Tabel 5. Terlihat bahwa nilai Gse tertinggi 2,757 dihasilkan dari komposisi A dan yang terendah 2,731 didapat dari komposisi D. Berat jenis fraksi 3/8" lebih besar dari pada fraksi 3/4". Komposisi A menghasilkan Gse tertinggi karena persentase berat jenis fraksi 3/8" dan 3/4" nya yang paling besar (15% dan 45%). Adapun komposisi C menghasilkan Gse tertinggi kedua karena berat jenis fraksi 3/8" nya yang terbesar diantara komposisi B, D, dan E. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai Gse akan tinggi jika persentase fraksi 3/4" dan fraksi 3/8" besar. Pada komposisi E, walaupun persentase fraksi 3/4" = 0, tapi proporsi fraksi 3/8" nya cukup besar, sehingga Gse nya lebih tinggi dari komposisi B dan D.

3.4. Pengaruh Gse Umur Layanan sebelum Retak

Lebar dan kedalaman rutting tergantung pada karakteristik lapis perkerasan (ketebalan dan kualitas material), beban lalu lintas dan kondisi lingkungan.

Tabel 6. Contoh Hasil Perhitungan Umur Layanan Jalan hingga terjadinya Retak

Item	Nilai Gse				
	2,731	2,733	2,734	2,738	2,757
VMA (%)	21,27	20,71	20,93	21,82	21,23
Sbit (Psi)		2.656,49			
Sme (Psi)	234.435,14	254.979,87	246.647,85	216.205,28	235.798,46
CBR base (%)			90		
CBR subbase			60		
CBR subgrade			2		
h1 (mm)			101,60		
h 2			300		
h3			423,40		
TYN (thn)	4,19	4,29	4,25	4,10	4,20
50 % C	10,19	10,29	10,25	10,10	10,20

Untuk mengetahui umur layanan hingga terjadinya retak, maka dalam penelitian ini konstruksi jalan lentur didesain dengan ketebalan lapis permukaan, lapis base, dan subbase berturut - turut 101,6 mm, 300 mm, dan 423,40 mm (Huang, 1993), dengan modulus elastisitas aspal (Sbit), lapis permukaan (Sme), serta parameter lainnya sebagaimana ditampilkan pada Tabel 6.

Pada contoh ini digunakan kadar aspal 5%, kadar agregat 95%, $Gmb = 2,286 \text{ gr/cm}^3$, dan lalu lintas tahunan ($YE4$) = 0,8 msa, diperoleh TYN, dan 50% C.

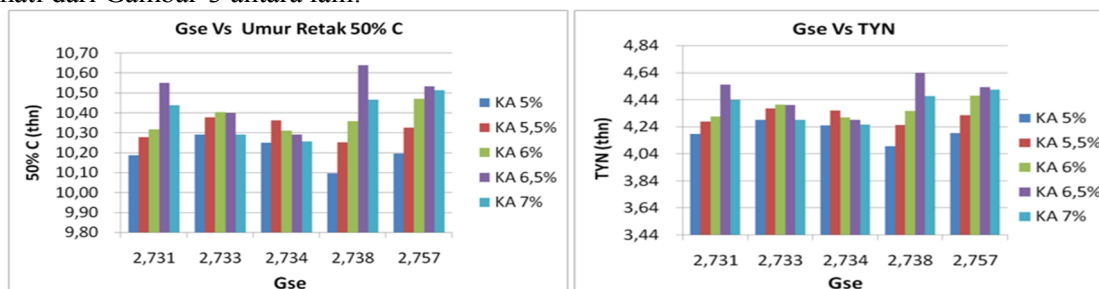
Tabel 7. Hasil Perhitungan Umur Layanan TYN, dan 50% C pada setiap Nilai Gse dan Variasi Kadar Aspal

Gse	Kandungan Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
<i>TYN (thn) saat Retak Rambut (Narrow Cracking)</i>					
2,731	4,19	4,28	4,32	4,55	4,44
2,733	4,29	4,38	4,40	4,40	4,29
2,734	4,25	4,36	4,31	4,29	4,26
2,738	4,10	4,25	4,36	4,64	4,47
2,757	4,20	4,33	4,47	4,53	4,51
<i>Umur Layanan (thn) saat 50% Cracking</i>					
2,731	10,19	10,29	10,25	10,10	10,20
2,733	10,28	10,38	10,36	10,25	10,33
2,734	10,32	10,40	10,31	10,36	10,47

Gse	Kandungan Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
2,738	10,55	10,40	10,29	10,64	10,53
2,757	10,44	10,29	10,26	10,47	10,51

Sumber : hasil analisis

Pada Tabel-7 disajikan prediksi lama waktu pelayanan yang dapat dilayangkan oleh lapis permukaan jalan AC WC sebelum terjadinya beberapa fase retak, yaitu: sebelum retak rambut (*initiation of narrow cracking*), dan sebelum 50% retak yang diikuti dengan penampilan data tersebut dalam bentuk visual pada Gambar 3. Pada gambar tersebut ditampilkan prediksi TYN, dan 50% C pada setiap nilai Gse untuk berbagai kadar aspal campuran, dengan menggunakan parameter teknis yang sama pada Tabel-6. Beberapa hal penting yang teramati dari Gambar-3 antara lain:



Gambar 3, Hubungan Gse dan Umur Layanan hingga terjadinya TYN dan 50% C

4. KESIMPULAN

- Perubahan nilai Gse campuran agregat dan kadar aspal campuran beraspal menyebabkan perubahan TYN, dan 50 % C.
- Kecuali pada Gse 2,734, terlihat bahwa untuk kondisi TYN, dan 50% C, pada setiap nilai Gse memperlihatkan pola yang serupa, yaitu awalnya dengan kadar aspal 5% umur layanan meningkat hingga kadar aspal 6,5% untuk kemudian menurun pada kadar aspal 7 %.
- Kecuali pada Gse 2,734, umur layanan terbesar sebelum terjadinya retak pada semua Gse lainnya terjadi pada kadar aspal 6,5%.
- Umur layanan terbesar sebelum terjadinya retak terjadi pada Gse 2,738 dan kadar aspal 6,5%, sementara yang terkecil terjadi pada Gse 2,738 dan kadar aspal 5%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- A.A.A. Molenaar, Structural Design of Pavements, Part III Design of Flexible Pavements, Delft University of technology, The Netherlands, September 1994.
- Brian J. Coree (2000) A Laboratory Investigation Into The Effects Of Aggregate-Related, Factors Of Critical VMA In Asphalt Paving Mixtures, Civil Engineering, Iowa State University, Center for Transportation Research and Education, Iowa State University.
- Brown, S.F, Janet M, Bruton (1982), An Introduction To The Analytical DesignOf Bituminous Pavement, 2nd Edition, University of Nottingham, UK.
- Depertemen Pemukiman dan prasarana Wilayah, Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, Spesifikasi Umum, 2010
- Harold N. Atkins, 1997, Highway Materials, Soils, and Concretes, Third Edition, PRENTICE HALL, Upper Saddle River, Jersey, Columbus, Ohio
- Hopman P.C, C.P Valkoning, J.P.J. Van Der Heide (1992), Towards a Performance –Related Mix design Procedure, Journal of The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 61
- Kennedy, T.W, R.J. Cominsky, E.T. Harigan (1991), Development of Based Spesifikasi and AAMAS. Jurnalof The Assosiation of Asphalt Paving Technologists, Vol. 61.
- Mahboub. K, and D.N. Little Jr. (1990), An Improvement Asphalt Mix design Procedure, Journal of The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 59
- Oliver P.S (1994), The AUSTRROAD Asphalt Mix design Method, Version 1, Research Report , ARR 259 Australian Research Board Ltd. Australia.
- R. Anwar Yamin, Juli 2002, ‘Desiminasi Spesifikasi-Baru Campuran Beraspal Panas Dengan Alat PRD’, Modul 3, Puslitbang Prasarana Transportasi, Makassar, , Departemen KimPrasWil.
- Sukirman.S, 2010, Beton Asphalt Campuran Panas, Granit, Yogyakarta
- The Indian Roads Congress, 2001 (IRC:37-2001), Guidelines For the Design of Flexible Pavements (Second Revision).

- TRB. 2005. *Superpave, Performance by Design*. Final report of the TRB Superpave Committee. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Yang H.Huang, 1993, *Pavement Analysis and Design*, University of Kentucky, Published by Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.