
PENGARUH DAYA DUKUNG SUBGRADE TERHADAP KEDALAMAN RUTTING PADA KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR

Syamsul Arifin¹, Hikmawati²

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

Jl. Soekarno-Hatta Km. 9 Palu, Sulawesi Tengah.

Email: syam_arfn@yahoo.com

Abstrak

Luaran yang perlu diketahui dalam merancang konstruksi perkerasan lentur AC WC adalah seberapa lama infrastruktur tersebut dapat memberikan pelayanan berdasarkan kualitas dan akumulasi beban yang tersedia. Dengan kata lain selama pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan konstruksi yang berarti. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi umur layan jalan saat mulai retak halus dan menentukan kedalaman rutting untuk permukaan perkerasan lentur. Metode penelitian yang digunakan adalah HDM III dan AASHTO 1986 dan IRC Nomogram: 37-2001 digunakan untuk merencanakan tebal total kostruksi perkerasan baru berdasarkan parameter nilai CBR tanah dasar dari 2% sampai 10%. Penelitian ini dilakukan dengan survei lapangan berupa pengambilan sampel briket dan volume lalu lintas (LHR). Pengambilan sampel briket dilakukan di 6 lokasi, masing-masing di STA: KM 00 + 300, STA: KM 00 + 350, dan STA: KM 00 + 375. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) TYN terpanjang adalah 4,70 tahun, terjadi pada Wt 0,23 msa, dan dengan persentase pertumbuhan kendaraan sebesar 2,5%. TYN terkecil yaitu 0,49 tahun akan terjadi pada saat Wt 2,49 msa dengan laju pertumbuhan kendaraan sebesar 10%. 2) Besarnya RDM-NC tergantung pada besarnya akumulasi Wt dan nilai CBR tanah dasar. Semakin besar CBR tanah dasar maka semakin kecil rutting yang didapat dari perhitungan nilai RDM-NC untuk CBR tanah dasar masing-masing 3,45 mm, 3,42 mm, 3, 41 mm, 3,40 mm, 3,39 mm, 3,36 mm, 3,34 mm, 3,33 mm, 3,31 mm, dan 3,28 mm.

Kata kunci: Beban Gandar, Rasio Bantalan California, Retak Sempit, dan Rutting.

Abstract

The output that needs to be known at in designing a flexible pavement construction AC WC is how long the infrastructure can provide services based on the quality and accumulated load available. In other words during the service, it is expected that there will be no significant damage to the construction. This research aims to predict the service life of the road when fine cracks start and to determine the rutting depth for the flexible pavement surface. The research method used was HDM III and AASHTO 1986 and IRC Nomogram: 37-2001 is used to plan the total thickness of the new pavement construction based on the parameter of subgrade CBR values from 2% to 10%. The results of the research show that 1) The longest TYN is 4.70 years, occurs at Wt 0.23 msa, and with a vehicle growth percentage of 2.5%. The smallest TYN is 0.49 years will occur when Wt 2.49 msa with a vehicle growth rate of 10%. 2) The amount of RDM-NC depends on the amount of accumulated Wt and the CBR value of the subgrade. The greater the CBR of the subgrade, the smaller the rutting will be as obtained from the calculation of the RDM-NC value for the CBR of subgrade, respectively 3.45 mm, 3.42 mm, 3, 41 mm, 3.40 mm, 3.39 mm, 3.36 mm, 3.34 mm, 3.33 mm, 3.31 mm and 3.28 mm.

Key words: Axle Load, California Bearing Ratio, Narrow Cracking, and Rutting.

1. Pendahuluan

Kerusakan jalan yang berupa deformasi pada perkerasan lentur merupakan permasalahan yang sering terjadi pada prasarana transportasi jalan raya di Indonesia. Beberapa penyebab utama dari deformasi khususnya pada permukaan jalan ini adalah : besarnya beban dari kendaraan yang melewati permukaan perkerasan jalan, air hujan, panas matahari, dan juga lemahnya bahan serta kekuatan dari campuran beraspal sehingga tidak mampu mengeliminasi tegangan vertical dan horizontal yang terjadi pada pondasi sampai ke tanah dasar sehingga tegangan yang terjadi menimbulkan deformasi yang berlebihan.

Modus kerusakan deformasi permanen (*rutting*) pada lapis Aspal Beton (AC) merupakan persoalan terkini yang dominan terjadi. *Rutting* ditandai bekas roda kendaraan khususnya di daerah persimpangan jalan, dimana gaya rem yang besar sering terjadi. Penggunaan fraksi halus, seperti pasir dan *filler* yang berlebihan dalam campuran beraspal diduga sebagai penyebab utama terjadinya hal tersebut. Kekuatan didapatkan hanya dari persentuhan antar butiran kecil, dan bukannya dari partikel yang lebih besar, akibatnya gelombang dan kerutan pada permukaan jalan sulit dihindari (Yamin, 2002). *Rutting* dengan kedalaman tertentu (*rutting depth*), bisa saja dialami oleh setiap lapis perkerasan lentur, yaitu pada saat *stress* (*load passages*, atau *external forces*) lebih besar dari *strength* (*bearing capacity*) material. Sementara itu menurut Loay Akram Al-Khateeb et al, (2011) bahwa *rutting* adalah akumulasi deformasi permanen, yang lebar dan kedalamannya tergantung pada karakteristik lapis perkerasan (ketebalan dan kualitas material) dan karakteristik tanah dasar, beban lalu lintas dan kondisi lingkungan.

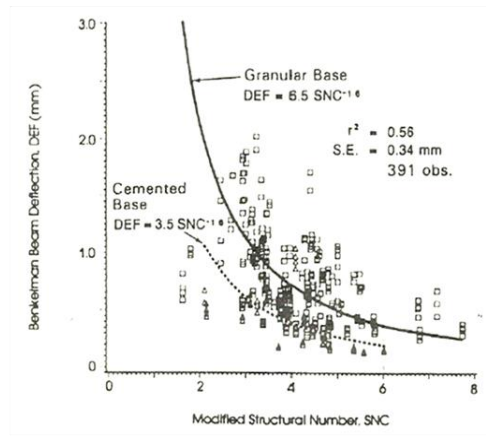
Dengan demikian kualitas tanah dasar sangat menentukan performa konstruksi perkerasan secara keseluruhan dalam memikul beban. Salah satu parameter untuk mengetahui kualitas tanah dasar adalah dengan melihat nilai CBR-nya. Semakin baik kualitasnya maka akan semakin tinggi nilai CBR yang dimiliki, begitupun sebaliknya semakin buruk kualitas tanah dasar maka nilai CBR-nya pun akan rendah, artinya bahwa apabila nilai CBR suatu tanah dasar (*subgrade*) itu tinggi maka kemungkinan terjadinya *rutting* semakin rendah dan apabila nilai CBR-nya rendah maka akan lebih besar kemungkinan terjadinya *rutting*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Karakteristik Pavement Menurut HDM III

Use 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*)".

$$SNC = 0,04 \sum_i^1 a_i h_i + SNsg \quad (1)$$



Gambar 1. Hubungan antara Defleksi Benkelman Beam dan SNC

Menurut Asgari, M (1992) bahwa untuk "cemented materials" nilai "a" tersebut terkait dengan *compressive strength* material yang pada gilirannya juga terkait dengan nilai modulus elastisitas. Untuk material berbutir dan tanah nilai "a" bersangkutan paut dengan *CBR* yang dalam kenyataannya juga merupakan indikator dari *stiffness* material. Dengan demikian *SNC* dapat dinilai sebagai indikator "*bending stiffness*" material *pavement*. Dengan demikian terdapat hubungan antara *SNC* dan hasil pengukuran defleksi pada *pavement*. Hubungan tersebut telah dikembangkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 1.

Molenaar (1994) menyatakan bahwa untuk *granular materials* lapis base, *strength coefficient* dihitung dengan rumus berikut:

$$a_2 = (29,14 CBR - 0,1977 CBR^2 + 0,00045 CBR^3) 10^{-4} \quad (2)$$

Sementara untuk lapis *Subbase*, selain penggunaan nomogram, *strength coefficient* materialnya dapat juga dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$a_3 = 0,01 + 0,065 \text{ Log } CBR \quad (3)$$

Atau dengan menggunakan persamaan berikut:

$$a_3 = 0,227 (\text{Log } E_3) - 0,839 \quad (4)$$

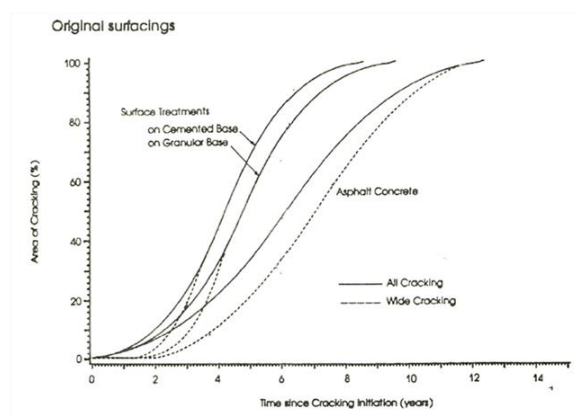
2.1.2. Model Untuk Memprediksi Retak Halus (Cracking Models)

Retak yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah retak struktural. Struktur perkerasan yang memikul beban lalu lintas yang tinggi dan secara terus-menerus akan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas struktur perkerasan tersebut. Kerusakan retak struktural merupakan salah satu jenis kerusakan yang sering (dominan) terjadi pada struktur perkerasan jalan. Faktor utama yang mengakibatkan terjadinya retak struktural adalah karena akumulasi dari beban lalu lintas yang sudah tidak mampu dipikul oleh struktur perkerasan tersebut. Kerusakan retak yang terjadi pada struktur perkerasan lama kelamaan akan menyebabkan lubang apabila tidak dilakukan perbaikan pada waktu yang tepat. Oleh karena itu, dibutuhkan model yang dapat memprediksikan kerusakan retak pada suatu struktur perkerasan.

Beberapa model berikut telah dikembangkan untuk memprediksi retak di permukaan pavement, (Molenar, 1994).

$$TYN = 4,21 \exp (0,139 \text{ SNC} - 17,1 \text{ YE}4/\text{SNC}2) \quad (5)$$

Model di atas memungkinkan untuk memprediksi periode awal terjadinya retak halus (*narrow cracking*) sejak konstruksi dibuka untuk umum. Munculnya retak halus dalam jumlah terbatas bukanlah alasan untuk melakukan perbaikan (*maintenance*) jika retak tersebut masih dapat ditangani dengan mudah melalui pengisian material serupa (*crack filling*). Namun, kondisi ini dapat saja menjadi kritis saat retak yang lebih besar (*wide cracks*) muncul yang berubah menjadi formasi menyerupai potholes.



Gambar 2. *Time-Base Models* untuk Memprediksi Propagasi Cracking

2.1.3. Model untuk Memprediksi Rutting (Rutting Models)

Persamaan yang digunakan oleh HDM III untuk memprediksi rutting terbilang masuk diakal, misalnya rutting akan meningkat akibat beberapa faktor, seperti dengan; bertambahnya waktu, berkurangnya *strength*, berkurangnya level pemadatan, dan meningkatnya akumulasi beban lalu lintas. Kombinasi antara pengaruh lalu lintas dan kelembaman menyebabkan peningkatan *cracked area*. Kombinasi antara kedua faktor di atas menyebabkan hilangnya *shear strength* pada lapis *base* dan *subgrade* akibat masuknya air dan akibat besarnya *stress level* yang menyebabkan rendahnya kemampuan penyebaran beban pada lapis permukaan yang mengalami keretakan. Hal lain, tingkat kepadatan lapis permukaan agar seoptimal mungkin, sebab pada lapis ini terjadi *shear stress* paling besar.

Molenaar (1994) melaporkan bahwa model *rutting* yang digunakan pada HDM III sebagai berikut:

$$RDM = 1,0 \text{ AGER}^{0,166} \text{ SNC}^{-0,502} \text{ COMP}^{-2,30} \text{ NE}_4^{\text{ERM}} \quad (6)$$

$$\text{ERM} = 0,0902 + 0,0384 \text{ DEF} - 0,009 \text{ RH} + 0,00158 \text{ MMP.CRX} \quad (7)$$

$$\text{DEF} = 6,5 \text{ SNC}^{-1.4} \quad (8)$$

Menurut Y.H. Huang (1993) bahwa persamaan berikut dapat digunakan sebagai pengganti nomogram dalam memperkirakan nilai "a₂" untuk *untreated base course* berdasarkan nilai *resilient modulus E₂*,

$$a_2 = 0,249 (\log E_2) - 0,977 \quad (9)$$

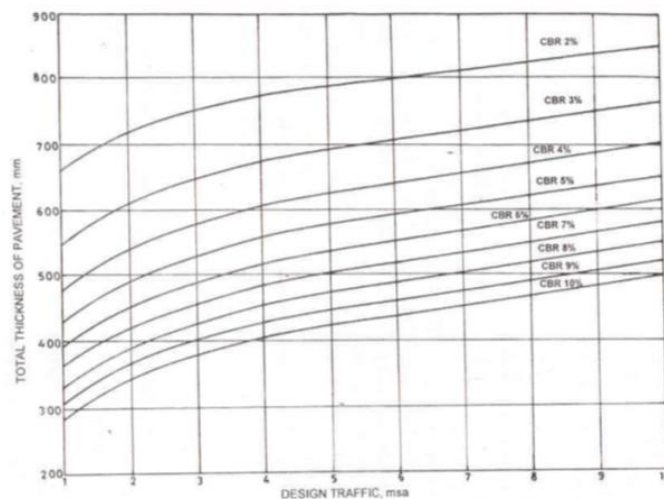
2.2. Ketebalan minimum lapis permukaan dan lapis base dengan metode AASHTO (1986)

Tabel 1. Ketebalan Minimum Lapis Permukaan dan Lapis Base menggunakan tabel dari AASHTO (1986)

<i>Traffic (ESAL)</i>	<i>Asphalt Concrete</i>		<i>Aggregate Base</i>	
	inch	mm	inch	mm
Kurang dari 50.000	1	25,4	4	101,6
50.000 - 150.000	2	50,8	4	101,6
150.001 - 500.000	2,5	63,5	4	101,6
500.001 - 2.000.000	3	76,2	6	152,4
2.000.001 - 7.000.000	3,5	88,9	6	152,4
Lebih besar 7.000.000	4	101,6	6	152,4

2.3. Penentuan Ketebalan Konstruksi Pavement Menggunakan Nomogram IRC : 37-2001

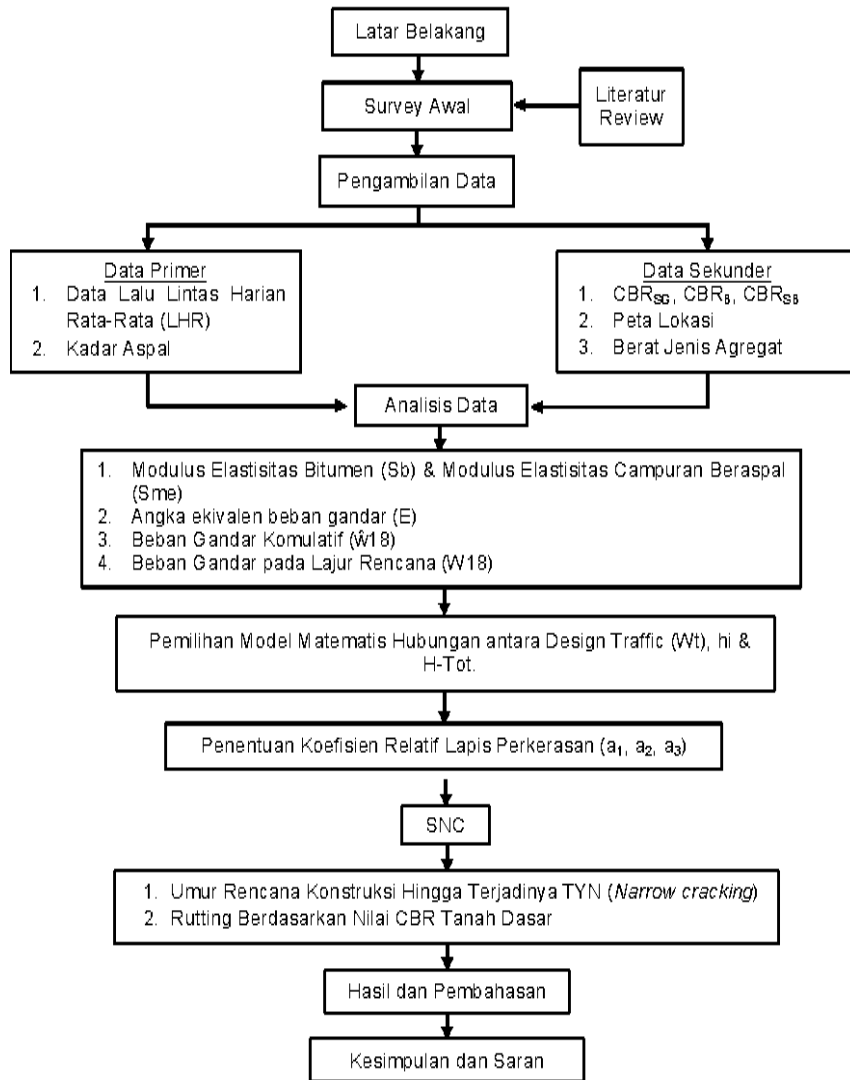
Dalam metode IRC: 37-2001 telah menyiapkan nomogram untuk memprediksi total ketebalan lapis beraspal secara keseluruhan mulai dari lapis subbase sampai dengan lapis permukaan berdasarkan nilai CBR tanah dasar 2% hingga 10%,. Variasi ketebalan yang dapat digunakan adalah 200 mm hingga 900 mm untuk akumulasi *traffic* tahunan 1-10 msa (Gambar 3).



Gambar 3. Ketebalan Pavement untuk Akumulasi Beban 1-10 msa

3. Metode Penelitian

Adapun alur penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada bagan alir di bawah ini.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

3.1. Survey Awal

Penelitian ini bertujuan menganalisis bagaimana pengaruh daya dukung tanah dasar terhadap kedalaman *rutting* pada jalan tersebut serta mengamati kondisi lingkungan baik lalu lintas kendaraan maupun kondisi drainase serta mendokumentasi hasil survey, juga bertujuan mengamati dan menentukan lokasi pengambilan sampel yang tepat dimana setelah kita melakukan peninjauan di sepanjang ruas jalan Jabal Nur Kecamatan Palu Timur, maka ditetapkan beberapa titik pengambilan sampel di daerah yang kerusakannya tidak terlalu kritis untuk pemeriksaan di laboratorium. Sampel yang di ambil adalah sebanyak 6 (enam) sampel dari enam titik yang kerusakannya dianggap tidak terlalu parah dengan kedalaman yang sama.

Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6 berikut:



Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 6. Proses Pengambilan Data LHR

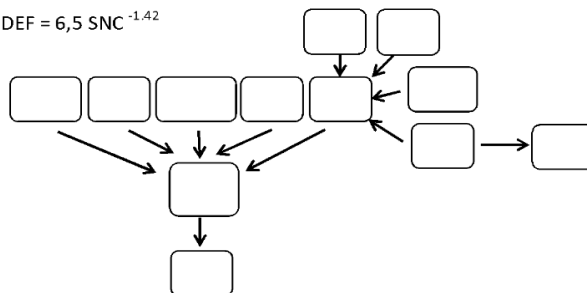
3.2. Menentukan Kedalaman Rutting

Setelah menghitung nilai TYN, maka selanjutnya memprediksi kedalaman rutting (RDM). Sejumlah informasi yang mendukung penggunaan model tersebut adalah : (i) umur pavement sejak terakhir dibangun, (ii) angka komulatif 80 kN ESAL, (iii) *modified structural number* atau SNC, (iv) rata-rata presipitasi setiap bulan dan (v) persentase luas area retak.

$$RDM = 1,0 \text{ AGER}^{0,166} \text{ SNC}^{-0,502} \text{ COMP}^{-2,30} \text{ NE}_4 \text{ ERM}$$

$$ERM = 0,0902 + 0,0384 \text{ DEF} - 0,009 \text{ RH} + 0,00158 \text{ MMP.CRX}$$

$$DEF = 6,5 \text{ SNC}^{-1,42}$$



Gambar 7. Prosedur untuk Memprediksi Kedalaman Rutting

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Ekstraksi Campuran (Lapis Permukaan)

Pengambilan contoh aspal untuk masing-masing kerusakan diambil dengan menggunakan alat *core drill*, yang dilanjutkan dengan percobaan ekstraksi untuk menentukan kadar aspal dalam campuran pada lapisan perkerasan.

Percobaan I (Titik 1):

- a. Berat Campuran = 900,3 gr
- b. Berat filter sebelum pengujian = 12,7 gr
- c. Berat filter sesudah pengujian = 13,63 gr
- d. Berat debu (C-B)
= 13,63 gr – 12,7 gr = 0,93 gr
- e. Berat agregat sesudah pengujian = 840,79 gr
- f. Berat total agregat (E + D) = 840,79 gr + 0,93 gr = 841,72 gr
- g. Kehilangan berat (A – F)
= 900,3 gr – 841,72 gr = 58,58 gr
- h. Presentase bitumen terhadap campuran agregat = (G/F) x 100 = 7,0 %
- i. Presentase bitumen terhadap campuran = (G/F) x 100 = 6,5 %

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Kadar Aspal

Sampel Pemeriksaan	KM	Bitumen Tterhadap Campuran (%)	Bitumen Terhadap Agregat (%)
Titik 1	KM. 0 + 300	6,5	7,0
Titik 2	KM. 0 + 350	6,1	6,5
Titik 3	KM. 0 + 375	7,5	8,1
Titik 4	KM. 0 + 300	7,6	8,2
Titik 5	KM. 0 + 350	8,0	8,6
Titik 6	KM. 0 + 375	12,0	13,6

4.2. Nilai CBR Tanah Dasar

Nilai CBR tanah dasar didapatkan dari hasil penelitian sebelumnya (Fitria I. 2019). Pengambilan data CBR tanah dasar menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Adapun data CBR tanah dasar dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Penelitian CBR Tanah Dasar

Nomor Urut	Sta	CBR (%)
1	0 + 000	8,55
2	0 + 100	12,26
3	0 + 200	9,41
4	0 + 300	8,68
5	0 + 400	11,45
6	0 + 500	12,66
7	0 + 600	9,41
8	0 + 700	6,63

9	0 + 800	13,63
10	0 + 900	10,79
11	0 + 995	6,20
Nilai Rata-rata CBR Tanah Dasar (%)		9,97

Tabel 3 menunjukkan nilai CBR Tanah Dasar tertinggi adalah pada sta 0 + 800 = 13,63% sedangkan nilai CBR Tanah Dasar terendah adalah pada sta 0 + 995 = 6,20%. Untuk kesebelas titik pengujian CBR tanah dasar diperoleh nilai yang berbeda sehingga kesebelas nilai CBR tanah dasar tersebut dirata-ratakan dengan cara nilai CBR untuk semua sta dijumlahkan kemudian dibagi total jumlah STA = 11 dan diperoleh nilai sebesar 9,97%. Kemudian untuk menentukan CBR segmen maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - ((\text{CBR max} - \text{CBR min})/3,18)$$

$$\text{CBR segmen} = 9,97 - ((13,63 - 9,97)/3,18) = 7,63 \%$$

Jadi CBR segmen yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah 7,63%.

4.3. Modulus Elastisitas Campuran Beraspal (Sme)

Tabel 4. Ikhtisar Perhitungan Modulus Elastisitas Campuran Beraspal

$\log[(4 \times 10^4)]/S_b$	n
3.339	2.771
VMA	2.5 VMA
20.185	50.463
257,5-2,5 VMA	n (VMA-3)
207.037	47.625
257,5-2,5 VMA/n (VMA-3)	Sme (MPa)
4.347	1,909.874

4.4. Hasil Survey Lalu Lintas

Untuk survey LHR pada Jl. Jabal Nur yang dilakukan pada hari Sabtu & Senin, maka pada kedua hari survey tersebut, diambil LHR yang tertinggi baik untuk MC, LV, HV maupun Bus (AU), dimana: MC = 2827 LV = 2457 HV = 196 dan Bus (AU) = 12. Untuk HV = 196 merupakan penjumlahan dua jenis HV, yaitu: HV1 = 169 dan HV2 = 27. Untuk kategori MC, karena tidak ada dalam daftar beban, maka MC dianggap sebagai LV juga, sehingga total LV = 5284. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Survey Lalu Lintas Harian Rata-rata

No.	Jenis Kendaraan	Berat Total	Jumlah	
1	MC	0.176	ton	2827
2	LV	2	ton	2457
3	HV	8,3-18,2	ton	196
4	Bus	9	ton	12

4.5. Perhitungan Beban Gandar Selama Umur Rencana

Standar distribusi beban Gandar (Wt)

Tabel 6. Distribusi Beban Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Berat (ton)	Jumlah (Kend)	Distribusi Beban		
				Depan	Tengah	Belakang
1	Mobil Penumpang (LV)	2 ton	5284	50%	-	50%
2	Truk Ringan (HV)	8,3 ton	169	34%	-	66%
3	Truk Berat 1.2 (HV)	18,2 ton	27	34%	-	66%
5	Bus 1.2	9 ton	12	34%	-	66%

Angka ekuivalen beban gandar

Mobil penumpang (MP) 2 ton, E = 0,0024,

Truk ringan (TR) 8,3 ton, E = 0,278,

Truk berat (TB) 2 as 18,2 ton, E = 6,420,

Truk Berat (TB) 3 as 42 ton, E = 15,536,

Bus 9 ton, E = 0,384, sesuai ketentuan yang berlaku, (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2002).

Beban gandar standar komulatif ($\hat{w}18$)

Tabel 7. Beban Gandar Standar Komulatif Harian 2 Arah ($\hat{w}18$)

No.	Jenis Kendaraan	Berat Total	Jumlah kendaraan	$\hat{w}18$ (CESA)	Total $\hat{w}18$
1	Mobil Penumpang (LV)	2 Ton	5284	12,428	
2	Truk Ringan (HV)	8.3 Ton	169	46,939	237,870 CESA
3	Truk Berat 1.2 (HV)	18.2 Ton	27	173,963	
5	Bus 1.2	9 Ton	12	4,541	

Beban gandar pada lajur rencana (W18)

Beban gandar standar komulatif (W18) merupakan komulatif lalu lintas pada lajur rencana, baik W18 dalam 1 hari maupun W18 dalam 1 tahun. Dalam kenyataannya, kendaraan berat cenderung melintas pada lajur tertentu saja yang dijadikan sebagai lajur rencana, sehingga dalam perhitungan besaran ini harus dikalikan dengan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur (DL) sebelum dijadikan sebagai w18, atau dengan rumus: $w18 = DD \times DL \times \hat{w}18$. Dalam hal ini nilai DD antara 0,3 hingga 0,7 (diambil 0,5), sementara untuk DL diambil 1, sehingga:

W18 perhari = $0,5 \times 1,0 \times 237,870 = 118,935$ CESA.

W18 pertahun = $118,935 \times 365 = 43.411,3$ CESA.

Contoh perhitungan:

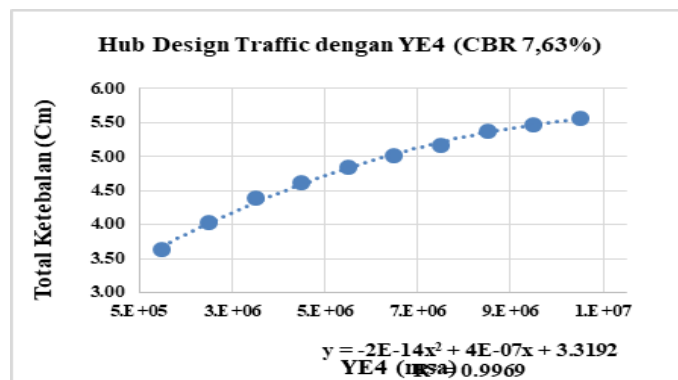
Untuk pertumbuhan kendaraan (g) = 2,5% pertahun, umur konstruksi (n) = 20 tahun, dan $W18 = 43.411,3$ CESA, maka dengan menggunakan persamaan $A = (1+g)^n$ sehingga diketahui $Wt = 1.108.927,64$ CESA.

4.6. Analisis Tebal Perkerasan dengan Model Matematis

Nomogram IRC: 37-2001 adalah grafik yang digunakan untuk menentukan ketebalan total lapis perkerasan lentur berdasarkan nilai CBR tanah dasar dan nilai *design traffic* (Wt) yang dikehendaki. Pada grafik ini terdapat beberapa opsi CBR yang dapat digunakan mulai dari 2%, 3% hingga 10%, sementara untuk *design traffic* alternatif yang tersedia mulai dari 1 msa, 2 msa sampai dengan 10 msa.

Tabel 8. Total Tebal Perkerasan (cm) dengan Variasi CBR dan Design Traffic (YE4), Pengembangan Grafik IRC: 37-2001

CBR	Design Traffic, Wt (msa)									
	1 (juta)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	6.60	7.20	7.50	7.75	7.85	8.00	8.10	8.30	8.40	8.50
3	5.50	6.10	6.50	6.75	6.90	7.10	7.25	7.40	7.50	7.60
4	4.70	5.40	5.75	6.05	6.35	6.45	6.60	6.70	6.85	7.05
5	4.35	4.85	5.30	5.55	5.70	5.95	6.10	6.30	6.40	6.50
6	3.90	4.50	4.85	5.20	5.35	5.50	5.60	5.80	6.00	6.20
7	3.70	4.25	4.55	4.80	5.00	5.20	5.35	5.50	5.60	5.70
7,63	3.64	4.03	4.39	4.61	4.84	5.01	5.16	5.37	5.47	5.57
8	3.60	3.90	4.30	4.50	4.75	4.90	5.05	5.30	5.40	5.50
9	3.30	3.60	4.00	4.30	4.50	4.60	4.75	4.90	5.10	5.30
10	2.85	3.40	3.75	4.10	4.25	4.35	4.50	4.60	4.80	5.00



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Traffic Design (Wt) dengan Total Ketebalan Konstruksi (H-Tot) Analisis Umur Rencana Hingga Terjadinya Retak Halus (TYN)

Catatan: contoh perhitungan digunakan CBR 7,63%. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai SNC = 3,62.

$$TYN = 4,21 \exp (0,139 \text{ SNC} - 17,1 \text{ YE4/SNC}^2)$$

$$\begin{aligned} \text{TYN} &= 4,21 \exp(0,139(3,62) - 17,1(1,11/3,62^2)) \\ \text{TYN} &= 4,21 \exp(0,50 - 1,44) \\ \text{TYN} &= 4,21 \exp(-0,94) \\ \text{TYN} &= 1,64 \text{ tahun (Narrow Cracks)} \end{aligned}$$

5. Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan hasil analisa dari data – data laboratorium, data survey lalu lintas, dan data CBR, serta dengan memperhatikan tujuan dilaksanakannya penelitian ini, maka sejumlah kesimpulan dapat ditarik sebagai berikut:

- a. Untuk seluruh kelompok umur rencana konstruksi ($n = 5, 10$ hingga 20 tahun), terlihat kecenderungan penurunan umur layanan hingga retak halus (TYN) dengan bertambahnya komulatif beban gandar tunggal standar (Wt). semakin kecil umur layanan dan nilai Wt maka, TYN akan terjadi setelah cukup lama yaitu $4,58$ tahun konstruksi perkerasan dibuka untuk umum, sementara apabila umur layanannya besar maka, TYN akan lebih cepat terlihat yaitu hanya setelah konstruksi perkerasan operasional $1,00$ tahun. Semakin bertambahnya umur layanan (n) dan pertumbuhan lalu lintas (g) maka retakan halus (*narrow cracking*) akan semakin cepat terjadi. Sebagai contoh pada umur layanan (n) 20 tahun dan dengan pertumbuhan lalu lintas (g) 10% maka TYN akan terjadi dalam waktu $0,49$ tahun. Sedangkan, pada umur layanan (n) 5 tahun dan tingkat pertumbuhan lalu lintas (n) $2,5\%$ maka TYN akan terjadi dalam waktu $4,70$ tahun.
- b. Dari hasil perhitungan *rutting* dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai CBR tanah dasar maka kemungkinan terjadinya *rutting* akan semakin kecil. Hal ini dapat dilihat pada contoh perhitungan sebelumnya bahwa untuk nilai CBR tanah dasar yang berbeda yakni 2% hingga 10% maka besaran atau kedalaman *rutting* yang terjadi semakin kecil.

6. Daftar Pustaka

- AASHTO (1993) Guide For the Design of Pavement Structures. from the American Association of State Highway and Trnsnsportation Officials (AASHTO), 444 N. Capitol Street, NW, Washington,
- Abdillah, S.H, Paransa, M.J, Jansen, F, and Manoppo. M.R.E, (2013), *Studi Pengaruh Pengambilan Angka Ekuivalen Beban Kendaraan Pada Perhitungan Tebal Perkerasan Fleksibel Di Jalan Manado – Bitung*, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.7.
- Al-Khateeb, L.A., Saoud, A., and Al-Msouti, F, (2011). Rutting Prediction of Flexible Pavements Using Finite Element Modeling. Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 5, No. 2. Department of Transport and Communication, Faculty of civil Engineering, Damascus University.
- Al-Shalout Imad, Rateb Stas, Osama Miro (2007), Effects of Moisture, Compaction Temperature and Gradation Types on Durability of Asphalt Concrete Mixtures, Damascus Univ. Journal Vol. (23)-No. (2) 2007.
- Asgari M, Kheyroddin A, and Naderpour H., (1992). A proposal model of estimation of project success in terms of radial based neural networks: A case study in iran.

- Brown, S.F and Janet M. Brunton, (2001), An Introduction to the Analytical Design of Bituminous Pavements, 2nd Edition, Department of Civil Engineering, University of Nottingham, UK.
- Cebon, D. (1993). A Theoretical Analysis of Fatigue Cracking in Flexible Pavements. Cambridge University Department of Engineering, Cambridge
- Cygas D, Vorobjovas V, Kleiziene R, and Vaitkus A., (2008). *Mixture Strength Class and Slab Dimensions' Effect on The Precast Concrete Pavement Structural Performance. Baltic Journal of Road and Bridge Engineering.*
- Coree, B. J., (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.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. (2002), Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. (2018). Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan. Badan Penelitian dan Pembangunan PU. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pemukiman dan prasarana Wilayah, Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, *Spesifikasi Umum*, 2010
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR), (2014): Grobongan
- Dormon, G. M. Proc. Int. Conf. (1962). On the Structural Design of Asphalt Pavements, p. 785.
- Ekwulo E. and Eme D. BUDU (1982). Fatigue and rutting strain analysis of flexible pavements designed using CBR methods. Asphalt institute model .
- Elastic Modulus. Pavement Interactive.* 07 September 2018.
- El-Hamrawy (2000). *Influence of Subgrade Stiffness on Flexible Pavement Responses – A Case Study-Alexandria City*, Egypt.
- Harold N.A, (1997), *Highway Materials, Soils, and Concretes*, Third Edition, PRENTICE HALL, Upper Saddle River, Jersey, Columbus, Ohio
- Hopman P.C., Valkoning, C.P., and Heide Van Der J.P.J., (1992), *Towards a Performance –Related Mix design Procedure*, Journal of The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 61.
- Hurley, G.C., Prowell, B.D. (2005). Refinement Of The Hot Mix Asphalt Ignition Method For High Loss Aggregates. National Center for Asphalt Technology Auburn University, Auburn, Alabama
- Khabiri. M.M. (2010). The Effect of Stabilized Subbase Containing Waste Construction Materials on Reduction of Pavement Rutting Depth. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Civil Engineering group, Vali-Asr University, Rafsanjan, Iran
- Luthans, (2005), *Organization Behaviour*, New york:McGraw-Hill
- Mahboub K, and D.N. Little Jr (1990). An Improvement Asphalt Mix Design Procedure. Journal of Association of Asphalt Paving Technologists.
- Mulungye, R. M., Owende, P. M. O., and Mellon, K. (2007). "Finite element modelling of flexible pavements on soft soil subgrades." *Materials & Design*, 28(3), 739-756.
- National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), (2004). Optimal Timing of Pavement Preventive Maintenance Treatment Applications. Transportation Research Board, of The National Academis
- Ogundipe, O. and Jimoh, Y. (2012) Strength-Based Appropriateness of Sawdust Concrete for Rigid Pavement. *Advanced Materials Research*, 367, 13-18.
- Ramadhan W.S, Arifin S, dan Made Oka, (2017). Prediksi Umur Rencana *Flexible Pavement* Menggunakan Metode HDM III. *Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Tadulako University*, Palu

- Roberts, F.L., et al. (1996). Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction. 2nd Edition, NAPA Education Foundation, Lanham.
- Sukirman. S, (1999), Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova: Bandung
- Sukirman.S, (2010), Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Yogyakarta The Indian Roads Congress, 2001 (IRC:37-2001), Guidelines For the Design of Flexible Pavements (Second Revision).
- The Indian Roads Congress, 2001 (IRC:37-2001), Guidelines For the Design of Flexible Pavements (Second Revision)
- Tom V. Mathew and KV Krishna Rao, (2006). Introduction to Transportation Engineering. Transportation Systems Engineering Civil Engineering Department Indian Institute of Technology Bombay Powai, Mumbai 400076, India.
- Van der poel, C, (1954) "A general system describing the visco-elastic properties of bitumens and its relation to routine test data", Journal App. Chem, pp.221-236.
- Yamin, R. A, (2002), '*Desiminasi Spesifikasi-Baru Campuran Beraspal Panas Dengan Alat PRD*', Modul 3, Puslitbang Prasarana Transportasi, Makassar, , Departemen KimPrasWil.
- Yang H.Huang, (1993), Pavement Analysis and Design, University of Kentucky, Published by Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.