

Redesain Tebal Perkerasan Lentur Jalan Bulog-UKRIM

Heriadi^{1*}, Tri Em Jofit Bate¹e¹, Yan Ester Ayub¹, Brilliant Martselino Tahapary¹, Januarius Sutrisno Lago¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, INDONESIA

*E-mail: heriyadi@ukrimuniversity.ac.id

ABSTRAK

Perkerasan merupakan struktur utama konstruksi jalan sehingga sistem konstruksinya dituntut harus mantap untuk memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penggunanya. Tujuan penelitian ini mendesain ulang tebal perkerasan dengan menggunakan Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26. 1987. Ruas jalan yang dijadikan studi kasus adalah jalan Bulog-UKRIM dengan panjang segmen 1.900 m dan lebar 5 m. Umur layanan yang direncanakan adalah 10 dan 20 tahun dengan masing-masing pertumbuhan lalu lintas 3% dan 2,3% dan klasifikasi fungsional jalan adalah lokal. Hasil analisis tebal perkerasan masa layan 10 tahun dan 20 tahun adalah sama, tebal lapis permukaan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) adalah 5 cm, lapis Asphalt Concrete-Bearing Course (AC-BC) adalah 10 cm dan lapis Asphalt Concrete-Base (AC-Base) adalah 10 cm.

Kata Kunci: SKBI-2.3.26. 1987, AC-WC, AC-BC, AC-Base

ABSTRACT

Pavement is the main structure of road construction, and its construction system must have stability to provide safety and comfort for users. The purpose this research is to redesign the pavement thickness using the Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26. 1987. The road segment chosen as a case study is the Bulog-UKRIM road with a segment length of 1.900 m and a width of 5 m. The planned design life is 10 and 20 years, with a traffic growth rate of 3% for 10 years and 2,3% for 20 years, and the functional classification of the road is a local road. The results of the analysis of the pavement thickness for the 10 years and 20 years design life are similar. The thickness of the Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) is 5 cm, the Asphalt Concrete-Bearing Course (AC-BC) is 10 cm, and the Asphalt Concrete-Base (AC-Base) is 10 cm.

Keywords: SKBI-2.3.26. 1987, AC-WC, AC-BC, AC-Base

1. PENDAHULUAN

Perkerasan merupakan lapisan penting dalam struktur jalan. Berada di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan. Fungsi dari lapisan perkerasan adalah untuk mendukung beban lalu lintas selama periode layanan tertentu tanpa mengalami kerusakan yang signifikan (Bakri, 2020). Perkerasan harus dirancang dengan tingkat stabilisasi yang tinggi agar tetap kuat selama masa pelayanan jalan, serta memiliki ketahanan terhadap kondisi cuaca dan pengaruh lingkungan, tidak menyebabkan pantulan cahaya yang menyilaukan pada permukaan jalan dan rata, sehingga memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna (Sukirman, 2010). Departemen PU (1987) menyatakan ada tiga lapis perkerasan lentur, yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*base course*) dan lapis pondasi bawah (*sub base course*).

Dirjen Bina Marga (2017) membagi jenis struktur perkerasan berdasarkan beban lalu lintas rencana yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, perkerasan berbutir dengan laburan, perkerasan tanah semen serta perkerasan berbutir dan perkerasan berbutir. Lapis Aspal Beton atau *Asphalt Concrete* (AC) adalah salah satu jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*) dari campuran aspal panas, pertama kali dikembangkan *The Asphalt Institute*, yang memiliki kekakuan cukup tinggi dan mampu menahan beban kendaraan yang berat (Heriadi, 2023). Dirjen Bina Marga (2020) menyatakan bahwa AC terdiri dari tiga lapis, yaitu lapis permukaan yang dikenal dengan istilah *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) berfungsi sebagai lapisan aus, lapis permukaan antara atau *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) berfungsi menahan tegangan atau regangan dari beban kendaraan dan lapis pondasi yang dikenal dengan sebutan *Asphalt Concrete-Base* (AC-Base) berfungsi menopang lapisan di atasnya.

Tujuan penelitian adalah mendesain ulang tebal perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26. 1987. Ruas jalan yang dijadikan studi kasus adalah jalan Bulog-UKRIM yang memiliki panjang segmen total 1.900 m, lebar segmen rata-rata 5 m, kemiringan rata-rata segmen 1,2%, *California Bearing Ratio* (CBR) segmen 32%. Pertumbuhan kendaraan selama waktu pembangunan adalah 3,7%. Umur layanan jalan direncanakan untuk 10 dan 20 tahun dengan pertumbuhan lalu lintas masing-masing 3% dan 2,3% dan klasifikasi fungsional jalan adalah jalan lokal. Curah hujan rata-rata tahunan adalah 2756,7 mm/tahun.

2. LANDASAN TEORI

Analisa tebal perkerasan lentur mengacu pada Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26. 1987 yang memiliki parameter sebagai berikut (Departemen PU, 1987):

- a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) adalah jumlah rata-rata kendaraan bermotor beroda empat atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari pada semua lajur yang diamati.
- b. Koefisien distribusi kendaraan (C) merupakan koefisien untuk mendistribusikan kendaraan yang lewat pada jalur rencana suatu jalan.
- c. Angka ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan adalah nilai perbandingan antara tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (8.160 kg). Nilai E dapat diperoleh dengan persamaan:

$$E_{\text{sumbu tunggal}} = (P / 8,16)^4 \dots\dots\dots (1a)$$

$$E_{\text{sumbu ganda}} = 0,086 \times (P / 8,16)^4 \dots\dots\dots (1b)$$

dengan:

P = beban satu sumbu tunggal kendaraan (ton)

- d. Umur rencana (UR) adalah jumlah waktu (biasanya dalam tahun) masa layan jalan yang dihitung mulai jalan beroperasi sampai jalan perlu dilakukan konstruksi ulang.
- e. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) merupakan jumlah total lintas ekuivalen rata-rata per hari dari sumbu kendaraan yang memiliki beban gandar standar sebesar 8,16 ton dan terjadi pada awal umur rencana segmen jalan. Nilai tersebut dicari dengan persamaan berikut:

$$LEP = \sum LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

j = jenis kendaraan yang ditinjau (2 ton, 8 ton, 10 ton, dst)

- f. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) merupakan jumlah total lintas ekuivalen rata-rata per hari dari sumbu kendaraan yang memiliki beban gandar standar sebesar 8,16 ton (8.160 kg) dan terjadi pada akhir umur rencana segmen jalan. Diperoleh dengan persamaan:

$$LEA = \sum LHR_j \times (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

i = koefisien pertumbuhan atau perkembangan kendaraan

- g. Lintas Ekuivalen Tengah (LET) merupakan jumlah total lintas ekuivalen rata-rata per hari dari sumbu kendaraan yang memiliki beban gandar standar sebesar 8,16 ton (8.160 kg) dan terjadi pada pertengahan umur rencana segmen jalan, dicari dengan persamaan:

$$LET = 0,5 \times (LEP + LEA) \dots\dots\dots (3)$$

- h. Lintas Ekuivalen Rencana (LER) adalah besaran yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekuivalen yang memiliki beban gandar standar sebesar 8,16 ton (8.160 kg) pada jalur rencana. Nilai LER ditentukan dengan persamaan:

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

FP = faktor penyesuaian = UR/10

- i. Indeks Tebal Perkerasan (ITP) adalah suatu indeks dalam penentuan tebal lapis perkerasan jalan yang dicari dengan persamaan:

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \dots\dots\dots (5)$$

dengan:

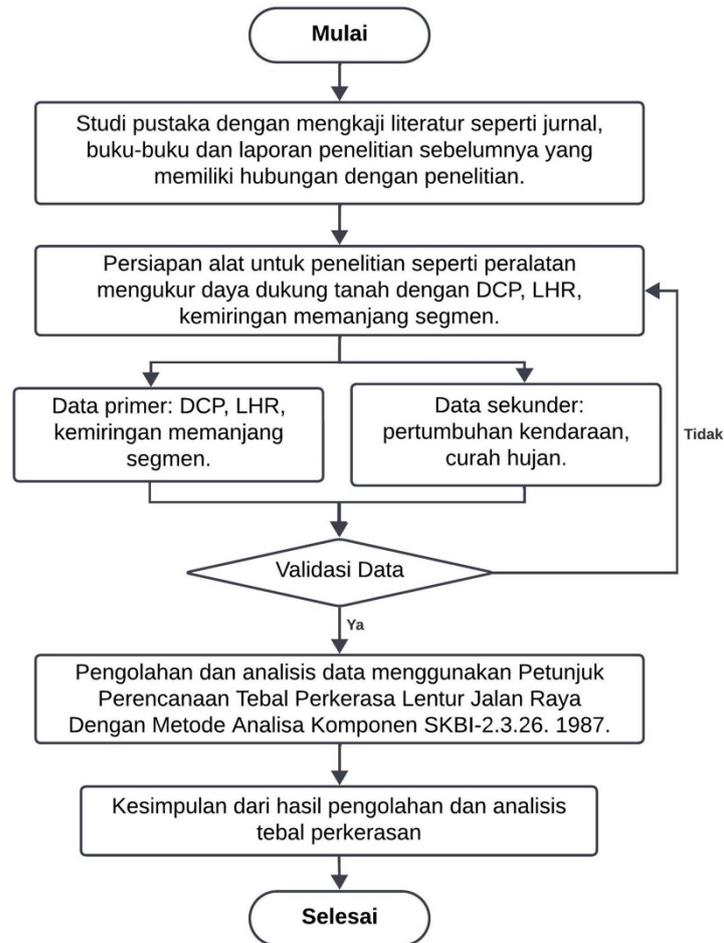
a = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D = tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

1, 2, 3 = posisi masing-masing untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan melakukan studi pustaka. Setelah melakukan studi pustaka dilanjutkan dengan mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan untuk proses pengambilan data. Jika alat-alat tersebut sudah disiapkan, kegiatan berikutnya adalah pengambilan data di lapangan (Tahapary & Lago, 2024). Data kemudian diolah sedemikian rupa sehingga dapat ditentukan tebal perkerasan lentur. Analisis tebal perkerasan lentur menggunakan Buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI – 2.3.26. 1987. Lebih jelas mengenai proses penelitian ditunjukkan dalam bagan alir Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penentuan Data Lalu Lintas

Data LHR didapatkan melalui survei di lapangan yang dicatat selama 12 jam/hari, dimulai pukul 06.00 WIB sampai dengan pukul 18.00 WIB pada hari Senin, Rabu, Jumat dan Sabtu masing-masing pada tanggal 20, 22, 24 dan 25 Maret 2023. Nilai rata-rata LHR digunakan untuk menganalisis tebal perkerasan. Data sepeda motor dan kendaraan tak bermotor tidak diperlukan dalam analisis tebal perkerasan sehingga data tersebut tidak disertakan. Nilai LHR tahun pertama jalan beroperasi (LHR 2024) serta LHR tahun akhir masa layan jalan (LHR 2034 dan LHR 2044) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan yang ada. Selain itu nilai LEP, LEA, LET dan LER juga dapat ditentukan. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan secara detail nilai LHR, E, LEP, LEA, LET dan LER jalan Bulog-UKRIM.

Tabel 1. Data LHR, E, LEP, LEA, LET dan LER jalan Bulog-UKRIM untuk umur rencana 10 tahun.

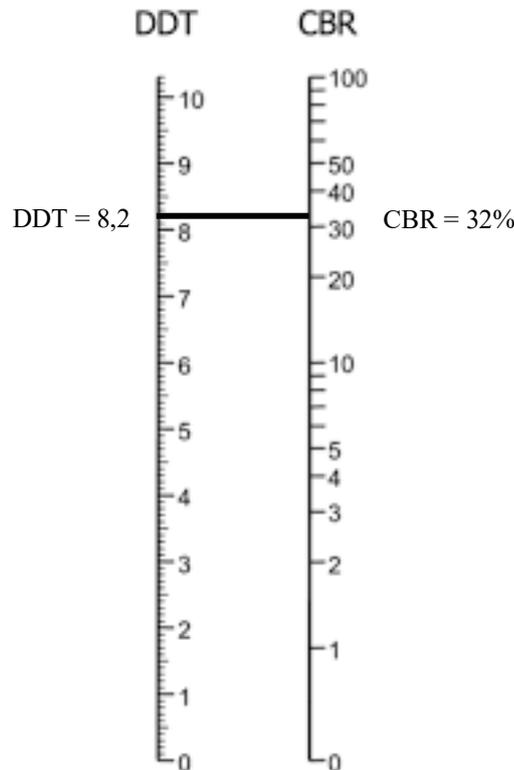
Jenis Kendaraan	LHR 2023	LHR 2024 $i = 3,7\%$	LHR 2034 $i = 3\%$	E	LEP 2024	LEA 2034	LET 2034	LER 2034
Kendaraan 2 ton	1131	1173	1576	0,0005	0,2645	0,3555		
Kendaraan 8 ton	79	82	110	0,1592	6,5226	8,7658	21,7805	21,7805
Kendaraan 10 ton	65	67	91	0,3501	11,7976	15,8550		
Total	1275	1322	1777	0,5097	18,5847	24,9763		

Tabel 2. Data LHR, E, LEP, LEA, LET dan LER jalan Bulog-UKRIM untuk umur rencana 20 tahun.

Jenis Kendaraan	LHR 2023	LHR 2024 $i = 3,7\%$	LHR 2044 $i = 2,3\%$	E	LEP 2024	LEA 2044	LET 2044	LER 2044
Kendaraan 2 ton	1131	1173	1812	0,0005	0,2645	0,4088		
Kendaraan 8 ton	79	82	127	0,1592	6,5226	10,0795	23,6520	47,3040
Kendaraan 10 ton	65	67	104	0,3501	11,7976	18,2310		
Total	1275	1322	2043	0,5097	18,5847	28,7193		

4.2. Penentuan Daya Dukung Tanah (DDT) dari California Bearing Ratio (CBR) Segmen

Nilai CBR segmen jalan diperoleh dari pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) yang serupa dengan nama alatnya. Kementerian PU (2010) menyatakan uji DCP adalah prosedur cepat untuk melaksanakan evaluasi kekuatan tanah dasar dan lapis fondasi jalan, sekaligus cara alternatif pengujian CBR lapangan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan kedalaman penetrasi kerucut logam (konus). Nilai CBR segmen adalah 32%, sehingga dengan menarik lurus garis horizontal ke arah kiri nomogram pada Gambar 2 nilai DDT diperoleh sebesar 8,2.



Gambar 2. Nomogram penentuan nilai DDT dari CBR (Departemen PU, 1987)

4.3. Penentuan Faktor Regional (FR)

Fatkhusani (2018) menyatakan bahwa FR adalah faktor koreksi perbedaan kondisi seperti kondisi medan dan iklim yang mempengaruhi daya dukung tanah dan perkerasan jalan. Rata-rata curah hujan selama lima tahun 2756,7 mm/tahun, kelandaian rata-rata segmen jalan adalah 1,2% yang termasuk dalam kategori Kelandaian I (< 6%), persentase kendaraan berat 5,1% (kendaraan ≥ 10 ton) yang termasuk dalam kategori persentase kendaraan berat $\leq 30\%$, sehingga berdasarkan Tabel 3 diperoleh nilai FR adalah 1,5 (Tahapary & Lago, 2024). Namun Departemen PU (1987) memberikan catatan jika terdapat banyak akses masuk (simpang) di segmen jalan utama, maka nilai FR ditambah 0,5, sehingga nilai yang digunakan adalah 2.

Tabel 3. Faktor regional atau FR berdasarkan kondisi iklim dan persentase kendaraan berat (Departemen PU, 1987).

	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6 – 10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	$\leq 30\%$	> 30%	$\leq 30\%$	> 30%	$\leq 30\%$	> 30%
Iklim I < 900 mm/tahun	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900 mm/tahun	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

4.4. Penentuan Indeks Permukaan Akhir (IP) dan Indeks Permukaan Awal (IPo) Umur Rencana

Departemen PU (1987) menyatakan IP adalah nilai kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan lalu lintas yang melewati perkerasan. Berdasarkan analisis LER diperoleh nilai 21,7805 untuk 10 tahun dan 47,3040 untuk 20 tahun yang berada di antara rentang LER 10 s/d 100. Klasifikasi jalan termasuk jalan lokal, sehingga pada Tabel 4 diperoleh nilai 1,5. Indeks Permukaan 1,5 memiliki arti tingkat pelayanan terendah jalan yang masih mungkin beroperasi, namun tidak terputus (Departemen PU, 1987).

Tabel 4. Indeks permukaan pada akhir umur rencana atau IP (Departemen PU, 1987).

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	TOL
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Nilai IP_o ditentukan berdasarkan jenis lapis permukaan perkerasan dan kerataan atau kehalusan jalan yang diukur dengan alat pengukur *roughness*. Perkerasan direncanakan menggunakan Lapis Aspal Beton (Laston) dengan IP_o antara 3,9 s/d 3,5 seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IP_o) berdasarkan jenis permukaan (Departemen PU, 1987).

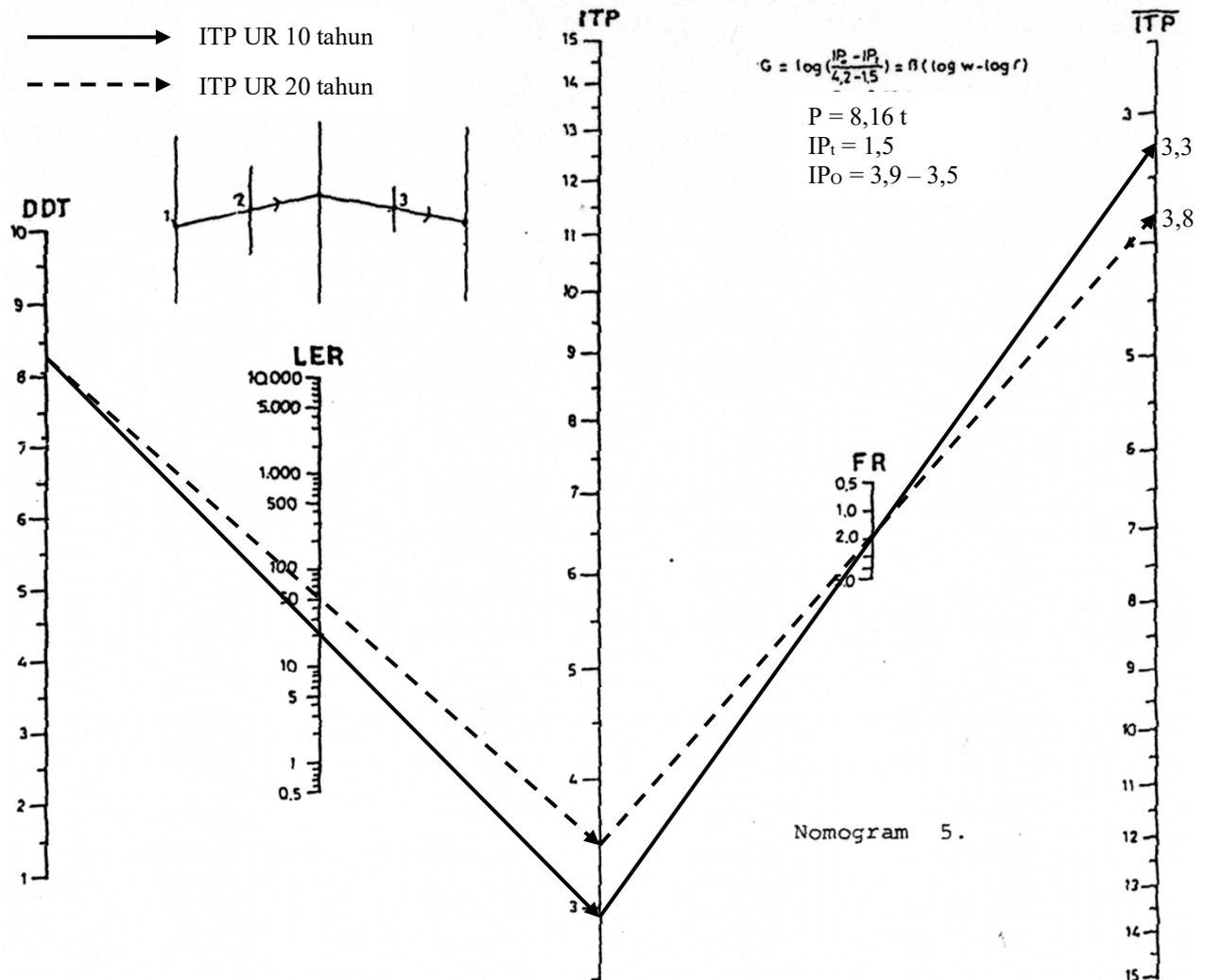
Jenis Permukaan	IP_o	<i>Roughness</i> (mm/km)
Laston	> 4	< 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
Burda	3,9 – 3,5	< 2000
Burtu	3,4 – 3,0	< 2000
Lapen	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
Latasbum	2,9 – 2,5	
Buras	2,9 – 2,5	
Latasir	2,9 – 2,5	
Jalan Tanah	≤ 2,4	
Jalan Kerikil	≤ 2,4	

4.5. Penentuan Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Akbar & Wesli (2014) mengungkapkan bahwa ITP adalah suatu indeks yang memiliki fungsi untuk menentukan tebal masing-masing lapis perkerasan yang diperoleh dari hubungan antara DDT, LER dan FR. Nilai ITP dicari menggunakan nomogram sesuai dengan nilai IP_o yang dipilih. Nilai DDT diplot pada kurva, kemudian ditarik sampai menyentuh kurva LER dan diteruskan sampai menyentuh kurva ITP. Selanjutnya nilai pada kurva ITP ditarik sampai menyentuh kurva FR, kemudian diteruskan sampai pada kurva \overline{ITP} . Nilai \overline{ITP} digunakan untuk perancangan tebal perkerasan. Gambar 2 memperlihatkan nilai \overline{ITP} umur rencana 10 tahun adalah 3,3 dan 20 tahun adalah 3,8.

4.6. Penentuan Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Perkerasan (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan untuk lapis permukaan adalah a_1 , lapis pondasi adalah a_2 dan lapis pondasi bawah adalah a_3 . Lapis permukaan direncanakan menggunakan AC-WC sehingga ditentukan nilai a_1 adalah 0,35, lapis pondasi menggunakan AC-BC dengan nilai a_2 adalah 0,28 dan lapis pondasi bawah menggunakan AC-Base yang memiliki nilai a_3 sebesar 0,12 secara detail ditunjukkan pada Tabel 6.



Gambar 2. Nomogram penentuan ITP UR 10 tahun dan 20 tahun (Departemen PU, 1987)

Tabel 6. Nilai koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan atau a (Departemen PU, 1987).

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	
0,35	-	-	590	-	-	Laston
0,35	-	-	454	-	-	Lasbutag
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	HRA
0,30	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,26	-	-	340	-	-	Lapen (mekanis)
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
0,20	-	-	-	-	-	
-	0,28	-	590	-	-	Laston atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,19	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah dengan kapur

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
-	0,13	-	-	18	-	Stab. tanah dengan kapur
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

4.7. Penentuan Tebal Lapis Perkerasan 10 Tahun dan 20 Tahun

Ketebalan lapis permukaan AC-WC (D₁) minimal untuk umur rencana 10 tahun dan 20 tahun dipilih 5 cm seperti pada Tabel 7, oleh sebab nilai ITP berada direntang 3,00 – 6,70 yang masing-masing nilai 3,3 dan 3,8.

Tabel 7. Tebal minimum lapis permukaan atau *surface course* (Departemen PU, 1987).

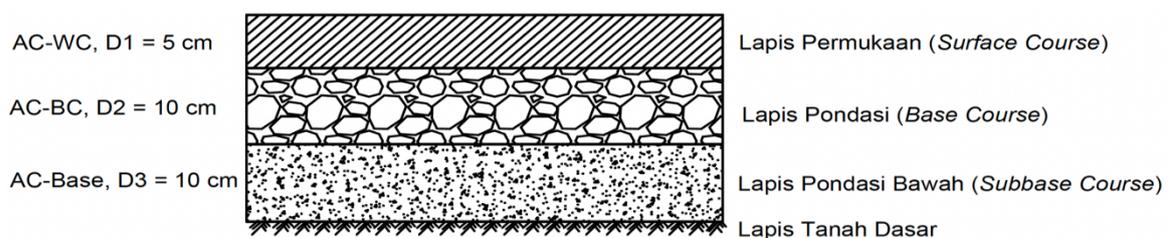
ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan Perkerasan
< 3,00	5	Lapis pelindung: buras/burtu/burda
3,00 – 6,70	5	Lapen/aspal macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/aspal macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sedangkan untuk ketebalan lapis pondasi AC-BC (D₂) minimal direncanakan untuk kedua umur rencana menggunakan laston atas sebesar 10 cm meskipun nilai ITP laston atas (7,50 – 9,99) lebih besar daripada ITP umur rencana 10 dan 20 tahun (3,3 dan 3,8) seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Tebal minimum lapis pondasi atau *base course* (Departemen PU, 1987).

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan Perkerasan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
7,50 – 9,99	10	Laston atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston atas
≥ 12,25	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Ketebalan lapis pondasi bawah AC-Base (D₃) masing-masing umur rencana dihitung dengan persamaan (5) diperoleh hasil perhitungan -10,42 cm untuk 10 tahun dan -6,25 cm untuk 20 tahun. Oleh karena nilai-nilai tersebut negatif, maka digunakan ketebalan minimal yang disyaratkan (Departemen PU (1987) yaitu 10 cm. Ketebalan dan bahan setiap lapis perkerasan jalan Bulog-UKRIM ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ketebalan dan bahan masing-masing lapis perkerasan hasil analisis

5. KESIMPULAN

Hasil analisis menggunakan data LHR 1275 kendaraan/hari, kemiringan rata-rata melintang segmen 1,2%, CBR segmen 32%, pertumbuhan kendaraan 3 % untuk 10 tahun dan 2,3% untuk 20 tahun, diperoleh tebal yang sama setiap lapis perkerasan untuk umur rencana 10 tahun maupun 20 tahun, yaitu 5 cm tebal lapis permukaan (*surface course*) AC-WC atau D₁, 10 cm lapis pondasi (*base course*) AC-BC D₂ dan 10 cm lapis pondasi bawah (*sub base course*) AC-Base atau D₃. Hasil tersebut menyatakan bahwa nilai LHR yang kecil menghasilkan angka tebal perkerasan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. J., & Wesli. (2014). Studi Korelasi Daya Dukung Tanah dengan Indek Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga. *Teras Jurnal*, 4(1), 61–70. <https://doi.org/10.29103/tj.v4i1.32>
- Bakri, M. D. (2020). Analisis Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993 (Studi Kasus Pada Pembangunan Jalan Lingkungan Baru Dalam Kawasan Kampus Universitas Borneo Tarakan). *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 30–44. <https://doi.org/10.35334/be.v4i1.1387>
- Departemen PU. (1987). *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Dirjen Bina Marga. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan (2nd ed.)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Dirjen Bina Marga. (2020). *Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan (2nd ed.)*. Kementerian PUPR.
- Fatkhusani. (2018). Perbandingan Efisiensi Harga Perkerasan Lentur dan Kaku dengan Metode Bina Marga. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1–8.
- Heriadi. (2023). Pengaruh Ukuran Serbuk Karet Ban Bekas (Crumb Rubber) Sebagai Bahan Tambah (Additive) pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). Universitas Gadjah Mada.
- Kementerian PU. (2010). *Pemberlakuan Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur (1st ed.)*. Nova.
- Tahapary, B. M., & Lago, J. S. (2024). Perbandingan Hasil Desain Ulang Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen 1987, Manual Desain Perkerasan 2017, Road Note 29 dan Road Note 31 pada Jalan UKRIM-Kadirojo 2.