

Analisis Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 Pada Jalan Lingkar Sebatik Perbatasan Indonesia-Malaysia

Andria Imran*, Misdar Alamsyah, Yoseph, Syarifudin

Politeknik Negeri Nunukan, Indonesia

Email: andri4709@gmail.com*, alamsyahmisdar@gmail.com, Yoseph.stnk@gmail.com, Engineer2802@gmail.com

Kata Kunci	Abstrak
Perkerasan Lentur, Ketebalan Lapisan, Jalan Perbatasan	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketebalan lapisan perkerasan lentur pada Jalan Lingkar Sebatik, perbatasan Indonesia-Malaysia, menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2017. Jalan ini memiliki peran strategis sebagai infrastruktur penghubung utama di wilayah perbatasan yang menghadapi tantangan geografis, seperti jenis tanah yang beragam, serta iklim tropis dengan curah hujan tinggi dan kelembapan udara yang signifikan. Kondisi ini memengaruhi durabilitas dan kinerja perkerasan, sehingga diperlukan desain yang optimal untuk memastikan daya tahan jalan terhadap beban lalu lintas serta kondisi lingkungan setempat. Penelitian ini menggunakan data primer berupa uji sifat mekanik tanah dasar dan data sekunder berupa volume lalu lintas serta kondisi lingkungan. Analisis dilakukan berdasarkan pendekatan mekanistik-empiris sesuai dengan Manual Desain Perkerasan 2017, mencakup penentuan ketebalan lapisan permukaan, pondasi atas, dan pondasi bawah. Hasil penelitian diharapkan memberikan rekomendasi desain perkerasan yang mampu menahan beban lalu lintas dan tantangan iklim di Sebatik. Selain itu, penelitian ini memberikan manfaat praktis bagi pengembangan infrastruktur di wilayah perbatasan dan mendukung konektivitas yang lebih baik. Temuan ini juga dapat menjadi referensi dalam perencanaan infrastruktur jalan di daerah dengan kondisi geografis dan iklim serupa, baik di Indonesia maupun wilayah tropis lainnya.
Keywords <i>Bending Pavement, Layer Thickness, Border Road</i>	Abstract <i>This study aims to analyze the thickness of the bending pavement layer on the Sebatik Ring Road, Indonesia-Malaysia border, using the 2017 Pavement Design Manual method. The road has a strategic role as the main connecting infrastructure in border areas facing geographical challenges, such as diverse soil types, as well as tropical climates with high rainfall and significant air humidity. This condition affects the durability and performance of the pavement, so optimal design is needed to ensure the durability of the road against traffic loads as well as local environmental conditions. This study uses primary data in the form of a test of the mechanical properties of the basic soil and secondary data in the form of traffic volume and environmental conditions. The analysis was carried out based on a mechanistic-empirical approach in accordance with the 2017 Pavement Design Manual, including the determination of the thickness of the surface layer, upper foundation, and lower foundation. The results of the study are expected to provide recommendations for pavement designs that are able to withstand traffic burdens and climate challenges in Sebatik. In addition, this research provides practical benefits for infrastructure development in border areas and supports better connectivity. These findings can also be used as a reference in road infrastructure planning in areas with similar geographical and climatic conditions, both in Indonesia and other tropical regions.</i>



PENDAHULUAN

Pulau Sebatik, yang berbatasan langsung dengan Malaysia, merupakan salah satu wilayah perbatasan strategis Indonesia. Sebatik tidak hanya berperan dalam aspek pertahanan negara, tetapi juga memiliki peran penting dalam sektor ekonomi dan sosial, terutama bagi masyarakat lokal yang bergantung pada transportasi darat untuk kegiatan sehari-hari. Dalam konteks ini, keberadaan infrastruktur jalan yang memadai menjadi kebutuhan utama untuk mendukung aksesibilitas, aktivitas ekonomi, dan mobilitas penduduk (Djaya, 2024; Marga, 2017).

Jalan lingkar Sebatik merupakan salah satu jalur transportasi utama yang menghubungkan berbagai titik penting di pulau tersebut. Jalan ini tidak hanya penting bagi penduduk lokal tetapi juga berfungsi sebagai jalur distribusi barang dan jasa, yang berdampak pada perekonomian lokal dan hubungan bilateral dengan Malaysia. Namun, kondisi jalan di wilayah ini sering kali menghadapi tantangan besar (Malang, 2024; Zakaria & al., 2014). Keadaan geografis Sebatik yang memiliki jenis tanah beragam serta kondisi iklim tropis yang ekstrem, terutama intensitas curah hujan yang tinggi, menciptakan kondisi lingkungan yang menantang bagi struktur perkerasan jalan (Sugema & Maulana, 2023; Syamsuir et al., 2024b). Kondisi ini menyebabkan jalan lebih cepat mengalami penurunan kualitas, seperti keretakan, deformasi, dan lubang, yang pada akhirnya berimbas pada kualitas layanan jalan dan kenyamanan pengguna (Fariyadin, 2025; Syamsuir & al., 2024).

Kualitas infrastruktur jalan di Sebatik perlu didukung dengan desain perkerasan yang sesuai agar dapat menahan beban lalu lintas, mengingat jalur ini dilalui kendaraan berat dan volume kendaraan yang tinggi (Anisari et al., 2023; Fariyadin et al., 2025; Syamsuir et al., 2024a). Perkerasan lentur (*flexible pavement*) menjadi pilihan utama karena fleksibilitasnya dalam beradaptasi dengan variasi beban dan kondisi permukaan tanah. Namun, desain perkerasan lentur memerlukan perencanaan yang sangat hati-hati, terutama terkait ketebalan lapisan yang ideal agar dapat menahan beban dan kondisi cuaca tanpa mengurangi umur layanannya (Nisumanti, 2019; Suaryana & Fransisko, 2019; Yasin et al., 2023). Dalam hal ini, ketepatan analisis dan metode yang digunakan dalam menentukan tebal lapisan perkerasan menjadi sangat penting (Al-Arkawazi, 2017; Gunawan & Nono, 2019; Kumar & al., 2022).

Pada tahun 2017, pemerintah Indonesia memperkenalkan Manual Desain Perkerasan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam perencanaan tebal lapisan perkerasan jalan. Metode ini menyediakan panduan yang lebih terstruktur untuk menentukan tebal lapisan perkerasan berdasarkan kondisi lalu lintas, jenis tanah dasar, dan kondisi lingkungan. Manual Desain Perkerasan 2017 memberikan pendekatan yang lebih komprehensif dibandingkan metode-metode sebelumnya, khususnya dalam menghadapi tantangan infrastruktur jalan di wilayah dengan karakteristik khusus seperti Sebatik.

Dalam konteks wilayah perbatasan, seperti Sebatik, penerapan metode Manual Desain Perkerasan 2017 perlu dikaji secara mendalam. Hal ini penting untuk memastikan bahwa ketebalan perkerasan yang dihasilkan dari perhitungan metode ini benar-benar sesuai dan dapat menjawab kebutuhan khusus dari jalan lingkar Sebatik. Penelitian mengenai analisis tebal lapisan perkerasan lentur dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2017 di jalan lingkar Sebatik menjadi sangat relevan, mengingat urgensi jalan yang tahan lama dan mampu beradaptasi dengan kondisi lalu lintas serta cuaca yang dinamis.

Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi teknis bagi

para perencana dan pelaksana konstruksi jalan di wilayah perbatasan, sehingga mampu mengoptimalkan investasi pembangunan jalan. Sebagai jalan yang memiliki peran strategis, kualitas perkerasan yang dihasilkan dari penelitian ini tidak hanya memenuhi kebutuhan masyarakat lokal tetapi juga mendukung keberlanjutan hubungan antara Indonesia dan Malaysia di wilayah Sebatik. Implementasi desain perkerasan yang tepat diharapkan mampu mengurangi biaya pemeliharaan jangka panjang, mengingat lokasi Sebatik yang cukup terpencil dan sulit dijangkau sehingga memerlukan biaya logistik yang tidak sedikit.

Penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan panduan bagi proyek-proyek infrastruktur jalan serupa di wilayah perbatasan lainnya, yang kerap menghadapi tantangan geografis dan cuaca yang ekstrem. Dengan memperhatikan berbagai faktor seperti beban lalu lintas, kondisi tanah dasar, dan intensitas curah hujan yang tinggi di Sebatik, penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa jalan lingkaran Sebatik dirancang dengan ketebalan lapisan perkerasan yang optimal. Selain mendukung aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat lokal, jalan yang berkualitas akan memperkuat posisi strategis Indonesia dalam mengelola wilayah perbatasan dan menjaga kedaulatan negara.

Dalam kerangka ini, penelitian mengenai ketebalan lapisan perkerasan lentur pada jalan lingkaran Sebatik bukan hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga memiliki dampak sosial, ekonomi, dan politik yang signifikan. Kualitas dan ketahanan jalan yang memadai akan memfasilitasi mobilitas lintas batas, memperkuat perekonomian lokal, dan mendukung keamanan di wilayah perbatasan. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi landasan bagi peningkatan kualitas infrastruktur jalan di wilayah-wilayah perbatasan lainnya di Indonesia, sehingga tercipta jaringan jalan yang berkualitas dan berkelanjutan.

Penelitian oleh Yasin, Prakoso, & Yasruddin (2023) membandingkan ketebalan perkerasan lentur yang dihitung dengan metode lama (Pt T-01-2002-B) dan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017 pada berbagai kondisi CBR dan beban lalu lintas, serta menganalisis respons tegangan menggunakan simulasi finite element (FE). Mereka menemukan bahwa untuk nilai CBR di atas 1,5 %, metode lama cenderung menghasilkan ketebalan perkerasan yang lebih tinggi dibandingkan MDP 2017, sedangkan pada CBR rendah, MDP 2017 menghasilkan ketebalan yang lebih konservatif. (Yasin, Prakoso, & Yasruddin, 2023). Penelitian lain Anisari, Adriyati, & Ihsani (2023), menerapkan metode Bina Marga 2017 (yang sama sebagai bagian dari MDP 2017) untuk rute jalan provinsi di Kalimantan Utara. Mereka memperoleh ketebalan total perkerasan lentur sebesar 58 cm (terdiri dari lapisan AC WC 10 cm, AC Base 18 cm, dan kelas agregat LPA 30 cm) berdasarkan pertumbuhan lalu lintas tahunan 3,5 % dan umur desain 20 tahun. (Anisari, Adriyati, & Ihsani, 2023)

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tebal perkerasan lentur yang optimal agar mampu menahan beban lalu lintas secara aman dan efektif berdasarkan standar teknik yang berlaku, serta menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi ketebalan perkerasan seperti jenis material, kondisi tanah dasar, dan volume lalu lintas. Selain itu, penelitian ini bertujuan memberikan rekomendasi desain perkerasan yang lebih baik dan tahan lama untuk meningkatkan daya dukung dan keamanan jalan, menyusun strategi pengurangan biaya pemeliharaan jangka panjang, menyediakan landasan ilmiah bagi penelitian dan pengembangan teknologi perkerasan jalan, serta mendukung kebijakan infrastruktur berkelanjutan. Manfaat penelitian mencakup perencanaan dan perhitungan perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga pada ruas Jalan KM Delapan (STA 0 ± 000 s/d STA 3 ±

000), sehingga dapat meningkatkan kualitas desain jalan, efisiensi pemeliharaan, serta memberikan informasi teknis yang berguna bagi pengambil keputusan dalam pengembangan dan pemeliharaan infrastruktur jalan.

METODE PENELITIAN

Dalam penyusunan tugas akhir ini, data yang digunakan meliputi data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan langsung di lapangan dan mencakup lalu lintas harian rata-rata (LHR) kendaraan, yang diasumsikan mewakili volume lalu lintas jalan, dengan rincian sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat beserta beban sumbu masing-masing. Data sekunder diperoleh dari sumber yang sudah ada, seperti Dinas Pekerjaan Umum (PU) Bina Marga dan peta situasi jalan, yang menjadi acuan bagi kontraktor untuk mengetahui kondisi medan proyek. Jalan yang direncanakan adalah ruas Jalan KM 7–8 Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara, berupa jalan kolektor dua lajur dua arah dengan panjang 3.000 m dan umur rencana 10 tahun. Rencana lapis perkerasan menggunakan LASTON (lapisan aspal beton) untuk lapis permukaan dengan kekuatan MS 590, batu pecah kelas A untuk lapis pondasi atas dengan CBR 100%, serta sirtu/pitrun kelas B untuk lapis pondasi bawah dengan CBR 50%. Metode penelitian perkerasan lentur dilakukan melalui tahapan-tahapan yang sistematis, digambarkan dalam diagram alir (flowchart), mulai dari pengumpulan data hingga penyusunan laporan akhir tugas akhir, sehingga seluruh proses perencanaan dan analisis perkerasan dapat dilakukan secara terstruktur dan dapat dipertanggungjawabkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Umum

Metode Analisa Komponen untuk merencanakan tebal perkerasan jalan ruas jalan ini diperlukan data sebagai berikut: Data Lalu-lintas Harian Rata-Rata (LHR) Data Lalu- lintas Harian Rata rata pada ruas Jalan kilo tuju dan delapan dikarenakan ruas jalan tersebut memiliki jumlah LHR terbesar diantara ruas jalan lainnya.

Sebagaimana diketahui, konsturksi perkerasan jalan ada 3 jenis yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan komposit, dalam perhitungan lentur itu sendiri adalah perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal sebagai bahan lapisan permukaan/sebagai bahan pengikat serta bahan berbutir sebagai lapisan bawahnya. Untuk pengolahan data, penulis mengumpulkan data-data dari pihak instnsi terkait adapun data yang diperoleh adalah sebagai berikut;

Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga

Data perencanaan sebagai berikut:

- 1) Pertumbuhan lalu lintas waktu perencanaan dan pelaksanaan di asumsikan 3%
- 2) Umur rencana jalan 5 tahun
- 3) Perencanaan dan pelaksanaan 1 tahun
- 4) Rencana jenis pekerjaan lentur
- 5) Data cuaca

Data Survei LHR

Adapun data-data survei lalau lintas harian rata-rata (LHR) pada Tahun 2024:

Tabel 1. Data Survei LHR

Hari tanggal	Jam	Kendaraan Ringan	Jk	Kendaraan Berat	Jk
Sabtu/01 Juni 2024	08.00 - 09.00	Sepeda motor	40	Truck 2 As 7 Ton	5
		Kendaraan ringan	10	Truck 2 As Ton	5
	16.00 - 17.00	Kendaraan ringan	7	Truck 2 As 7 Ton	10
		Sepeda motor	30	Truck 2 As 7 Ton	7

a. Data Lalu Lintas seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. Data Jumlah Kendaraan Tahun 2024

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan
1	Sepeda Motor	70 kend/hari/2 arah
2	Kendaraan Ringan	17 kend/hari/2 arah
3	Kendaraan Berat	27 kend/hari/2 arah
	Jumlah	114 kend/hari/2 arah

CBR Hasil Pengujian

Data CBR diperoleh dari hasil pengujian DCP (*dynamic cone penetrometer*) per 300-meter yang dilakukan sebanyak 10 titik. diperoleh nilai-nilai CBR sebagai berikut:

Tabel 3. Data Nilai CBR

No	STA	NILAI CBR %
1	0 + 300	8.8
2	0 + 600	9.9
3	0 + 900	9.7
4	1 + 200	10.8
5	1 + 500	10.5
6	1 + 800	11.7
7	2 + 100	11.9
8	2 + 400	12.4
9	2 + 700	13.6
10	3 + 000	16.2

Perhitungan CBR Tanah Dasar dengan Cara Analitiserhit

Data CBR: 8,8%, 9,9%, 9,7%, 10,8%, 10,5%, 11,7%, 11,9%, 12,4%, 13,6%, 16,2%

Perhitungan CBR Rata-Rata:

$$\text{CBR rata-rata} = \frac{\sum \text{CBR}}{\text{Jumlah titik pengujian}} = \frac{115,5}{10} = 11,55\%$$

CBR rata-rata = Jumlah titik pengujian $\sum \text{CBR} = 10 \cdot 11,55 = 11,55\%$

Hasil Pengujian:

CBR maksimum = 16,2%

CBR minimum = 8,8%

R (titik) = 3,18

Menentukan CBR Segmen

Besar nilai R dalam CBR Segmen tergantung pada nilai tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 4. Data Nilai CBR Segmen

Jumlah Titik	Nilai R
2	1.41
3	1.91
4	2.24
5	2.48
6	2.67
7	2.83
8	2.96
9	3.08
>10	3.18

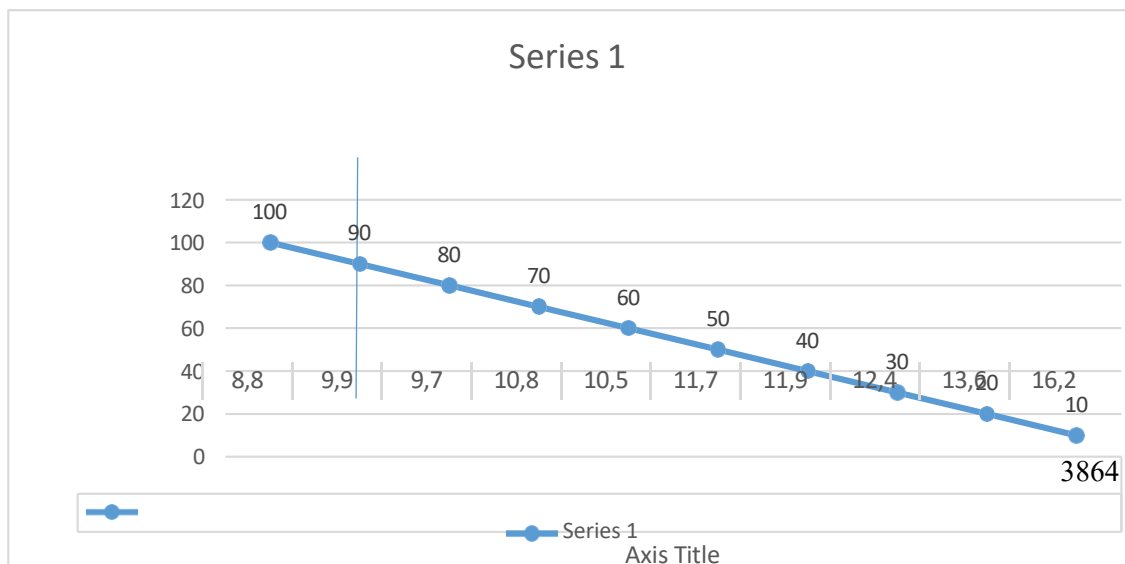
(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

$$\begin{aligned}
 \text{CBR Segmen} &= \text{CBR Rata - Rata} - \left(\frac{\text{CBR maks} - \text{CBR min}}{R} \right) \\
 &= 11,55 - \left(\frac{16,2 - 8,8}{3,18} \right) \\
 \text{CBR Segmen} &= 9,22\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan Grafis Nilai CBR Segmen

Tabel 5. Data Nilai CBR Segmen cara grafis

No	Nilai CBR	Jumlah Yang Muncul (A)	Persentase
1	8,8	10	(A/10×100) = 100
2	9,9	9	(A/10×100) = 90
3	9,7	8	(A/10×100) = 80
4	10,8	7	(A/10×100) = 70
5	10,5	6	(A/10×100) = 60
6	11,7	5	(A/10×100) = 50
7	11,9	4	(A/10×100) = 40
8	12,4	3	(A/10×100) = 30
9	13,6	2	(A/10×100) = 20
10	16,2	1	(A/10×100) = 10





Gambar 1. Grafik Nilai CBR

Didapat nilai CBR = 9,2%

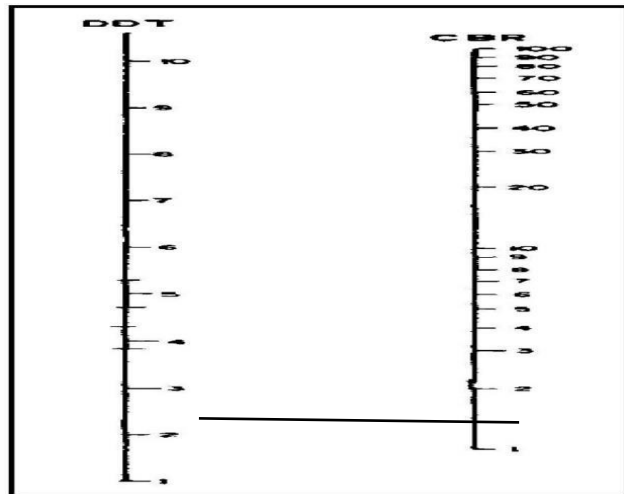
Dari Grafik didapat nilai CBR⁹³ yang mewakili = 9,2%

Dari perhitungan CBR dengan cara grafis CBR tanah dasar dari STA 0 + 000 s/d STA 3 + 000 dari data lapangan maka CBR% ke DDT dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

Data dukung tanah

$$\begin{aligned} \text{DDT} &= 4,3 \times \text{Log CBR} + 1,7 \\ &= 4,3 \times \text{Log } 9,2 + 1,7 \end{aligned}$$

$$\text{DDT} = 4,4609$$



Gambar 2. (DDT) dengan CBR

Lalu Lintas Harian Awal Umur Rencana

Rumus = Jumlah Kendaraan * (1 + i) n

Dimana :

n = 2

i = 3% (pertumbuhan lalu lintas pertahun)

Tabel 7. LHR Awal Umur Rencana

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Perhitungan	Hasil (kend/hari/2 arah)
1	Sepeda Motor	24	$24 \times (1+0,03)^2$	25,46
2	Kendaraan Ringan	17	$17 \times (1+0,03)^2$	18,03
3	Kendaraan Berat	27	$27 \times (1+0,03)^2$	28,64
Jumlah				72,13

Rumus = Jumlah Kendaraan * (1 + i)¹⁰ i = 3%

Tabel 8. LHR Akhir Umur Rencana

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Perhitungan	Hasil (kend/hari/2 arah)
1	Sepeda Motor	24	$24 \times (1+0,03)^{10}$	32.25
2	Kendaraan Ringan	17	$17 \times (1+0,03)^{10}$	22.85
3	Kendaraan Berat	27	$27 \times (1+0,03)^{10}$	36.29
Jumlah				91.39

Jumlah Kendaraan Berdasarkan Nilai SMP (Satuan Mobil Penumpang)

Tabel 9. LHR Dalam Satuan Mobil Penumpang

No	Jenis Kendaraan	LHR akhir UR	Nilai SMP	Hasil
1	Sepeda Motor	32.25	0.5	16.12
2	Kendaraan Ringan	22,85	1.0	22,85
3	Kendaraan Berat	36,29	2.0	72,58
Jumlah				111.55

Menghitung Angka Ekuivalen (E)

Angka Ekuivalen di dapat angka Ekuivalen rencana sebagai berikut:

Tabel 10. Angka Ekuivalen (E)

No.	Jenis kendaraan	Beban Sumbuh	Angka Ekuivalen	Jumlah
1	Sepeda Motor	(1)	0,0002	0,0002
2	Kendaraan Ringan	(1+1)	$0,0002 + 0,0002$	0,0004
3	Kendaraan Berat	(1+2)	$0,0143 + 0,2031$	0,2174

Mencari Koefisien Distribusi (C)

Dari Tabel 8 didapat koefisien distribusi untuk jalan 2 lajur dan 2 arah adalah:

1. Kendaraan Ringan = 0.50
2. Kendaraan Berat = 0.50

Menghitung Lalu-Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$\text{Rumus} = \text{LEP} = \text{LHR awal} * C *$$

E Dimana : C = Koefisien

Distribusi E= Angka Ekuivalen

Tabel 11. Lalu Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

No	LHR awal UR	C	E	Perhitungan	Hasil
1	74,26	0,5	0,0002	$74,26 \times 0,5 \times 0,0002$	0,007
2	18,04	0,5	0,0004	$18,04 \times 0,5 \times 0,0004$	0,004
3	28,64	0,5	0,2174	$28,64 \times 0,5 \times 0,2174$	3,113
LEP					3,124

Menghitung Lalu-Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Rumus : $\text{LEA} = \text{LHR akhir} * C * E$

Tabel 12. Lalu Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

No	LHR akhir UR	C	E	Perhitungan	Hasil
1	32.25	0,5	0,0002	$32.25 \times 0,5 \times 0,0002$	0,003

2	22,85	0,5	0,0004	$22,85 \times 0,5 \times 0,0004$	0,005
3	36,29	0,5	0,2174	$36,29 \times 0,5 \times 0,2174$	3,945
LEA					3,953

Menghitung Lalu-Lintas Ekivalen Tengah (LET)

$$\text{Rumus : LET} = \frac{LEP + LEA}{2}$$

$$= \frac{3.124 + 3.953}{2} = 3.538$$

$$= 3.538 \times (1 + 0.03)^{10}$$

$$= 4.75$$

Menghitung Lalu-Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$\text{Rumus : LER} \times \text{FP} \rightarrow \text{FP} = \frac{UR}{10} = \frac{1}{10}$$

$$\text{LER} = 4.75 \times 1$$

$$\text{LER} = 4,75$$

Menentukan Faktor Regional (FR)

Faktor regional adalah faktor setempat, menyangkut keadaan dan iklim daya dukung tanah dasar perkerasan. Faktor regional berfungsi untuk memperhatikan kondisi jalan yang berbeda antara jalan yang satu dengan jalan yang lain. Bina marga memberikan angka yang bervariasi

- a. Kelandaian maksimum (STA 0+000-STA 3+000) Elevasi tertinggi = 99,469
 Elevasi terendah = 52,047
 Jarak horizontal = 3000 m
 $LI = 99,469 - 52,047$

$$\frac{\quad}{\quad} \times 100\%$$

$$= 0,0158\%$$

Tabel 13. STA & Kelandaian Maksimum

Stationing (STA)	Kelandaian Maksimum (%)
0+000-3+000	0,0158
Total	0,0158

- b. Kelandaian maksimum $= \frac{0,0158}{3000}$
 $= 0,00526 \rightarrow \text{Kelandaian 1 } (< 6\%)$
 % Kendaraan berat $= \frac{\sum \text{kend (Ton)}}{\sum \text{Kend}} \times 100\%$

$$\% \text{ Kendaraan berat} = \frac{27}{114} \times 100\% = 23.684\% (< 30\%)$$

Tabel 14. Perhitungan Curah Hujan metode gumbel

NO	TAHUN	Curah Hujan Maks Xi (mm)	Xi - X	(Xi-X) ²
1	2019	189,42	169,4	28,70
2	2020	196,25	176,24	31,06
3	2021	243,04	223,03	49,74
4	2022	170,9	150,8	22,77
5	2023	200,49	180,4	32,57

(sumber: Hasil Perhitungan)

1. Hitung curah hujan maksimum tahunan sebagai nilai Xi, dengan cara mencari curah hujan bulanan tertinggi dalam periode 1 Tahun
2. Hitungan curah hujan rata-rata (X) periode 2019-2023
3. Hitungan jumlah (Xi - X)²
4. Hitungan standar Deviasi (S) dengan rumus:

$$S = \frac{\text{Jumlah } Xi-X^2}{n-1}$$

$$S = \frac{164,83}{5-1} = 41,20$$

$$= 41,20 \text{ mm/th (iklimI} < 900 \text{ mm/th)}$$

Data Curah Hujan

Dengan adanya data curah hujan kita dapat menentukan nilai FR (Faktor Regional). Untuk curah hujan di Kabupaten Nunukan diperoleh rata – rata 799,61mm/tahun.

Tabel 15. Data Curah Hujan Maksimum

NO	Bulan	Tahun				
		2019	2020	2021	2022	2023
1	Januari	212,5	249,8	137,9	98,9	269,6
2	Februari	6,4	127,7	224,8	212,7	105,4
3	Maret	194,0	90,3	167,8	201,3	83,8
4	April	95,4	132,9	435,4	266,8	89,9
5	Mei	300,0	112,5	270,0	283,1	285,8
6	Juni	407,1	233,5	95,3	119,1	379,7
7	Juli	314,3	133,6	355,3	276,9	192,5
8	Agustus	251,2	128,2	200,1	74,5	319,3
9	September	166,9	430,3	249,0	171,2	309,6
10	Oktober	135,0	339,0	216,5	164,2	133,6
11	November	76,0	113,7	269,6	125,9	96,7
12	Desember	114,3	263,5	294,8	56,2	140,0
Jumlah		2.273,1	2.355	2.916,5	2.405,9	
Jumlah/12(Xi)		189,42	196,25	243,04	170,9	200,49

(Sumber : BMKG Nunukan) 2024.

Tabel 16. Faktor Regional (FR)

Curah Hujan	kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6-10 %)		Kelandaian III (>10 %)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	<30%	>30%	<30%	>30%	<30%	>30%
Iklim I< 900 mm/th	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0
Iklim I>900 mm/th	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

Maka didapat nilai FR = 0,5

Menentukan Indeks Permukaan Awal (IPo)

Direncanakan Lapisan Permukaan Laston dengan Rougness > 1000 mm/km, dari tabel 2.7, di dapat IPo = 3.9 – 3.5

Tabel 17. Jenis Lapisan Perkerasan

JENIS LAPISAN PERKERASAN	Ipo	ROUGHNESS
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3.9 – 3.5	> 1000
Asbuton / HRA	3.9 – 3.5	≤ 2000
Burda	3.4 – 3.0	> 2000
	3.9 – 3.5	< 2000
Burtu	3.4 – 3.0	> 2000
Lapen	3.4 – 3.0	≤ 3000
	2.9 – 2.5	> 3000
Lapis Pelindung	2.9 – 2.5	
Jalan Tanah	≤ 2.4	
Jalan Kerikil	≤ 2.4	

Menentukan Indeks Permukaan Akhir (IPt)

Untuk menentukan nilai Ipt dapat dilihat dari nilai LER untuk 10 tahun kedepan adalah 4,75. Dengan klasifikasi jalan kolektor maka didapat nilai dari tabel 18.

Tabel 18. Klasifikasi Jalan

L E R	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

LER = 4,76 < 10

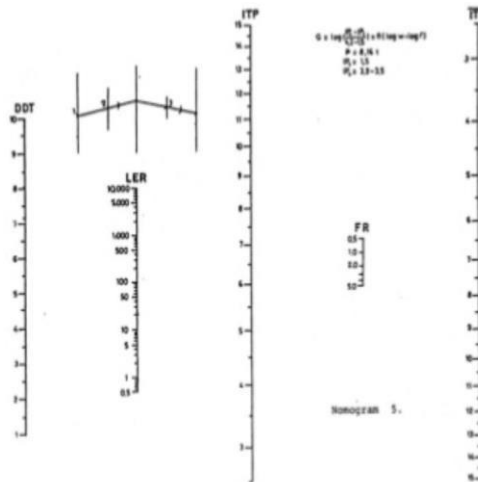
Di dapat IPt = 1.5

Menghitung Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

ITP dapat ditentukan dari Nomogram yang sesuai dengan data DDT, LER, FR, IPo, Ipt dengan memperhatikan nilai- nilai yang telah didapat dari hasil perhitungan diatas :

CBR	= 9,2%
Daya Dukung Tanah (DDT)	= 5,78
Indeks Permukaan Akhir (Ipt)	= 1.5
Indeks Permukaan Awal (Ipo)	= 3.9 – 3.5
Faktor Regional (FR)	= 0.5
Lintas Ekuivalen Rencana (LER)	= 4,76

Menghitung Nomogram berdasarkan nilai Ipt = 1.5 dan Ipo = 3.9 – 3.5 Maka digunakan Nomogram Nomor 4
Maka didapat nilai ITP = 3



Gambar 3. Nomogram nomor 4

Menentukan Koefisien Kekuatan Relatif

Berdasarkan Tabel 2.9 (hal: 20) Koefisien Kekuatan Relatif (a) maka didapat nilai untuk bahan perkerasan sebagai berikut:

1. Laston (MS 590) (a1) = 0.35
2. Agregat Klas A (CBR 100 %) (a2) = 0.14
3. Agregat Kelas B (CBR 50 %) (a3) = 0.12

Menghitung Tebal Perkerasan

$$\begin{aligned} \text{ITP} &= a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \\ 3 &= 0.35D_1 + 0.14D_2 + 0.12D_3 \end{aligned}$$

Jika satu persamaan dengan 3 bilangan tidak diketahui maka tidak dapat dihitung. Maka di hitung salah satunya, lalu yang lainnya di masukkan tebal minimum. Misal dihitung D3, maka D1 dan D2 masukkan tebal minimumnya.

$$\text{Laston ITP} = 3 \text{ tebal minimum} = 5 \text{ cm}$$

Batu Pecah ITP = 3 tebal minimum = 20 cm

$$\text{ITP} = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

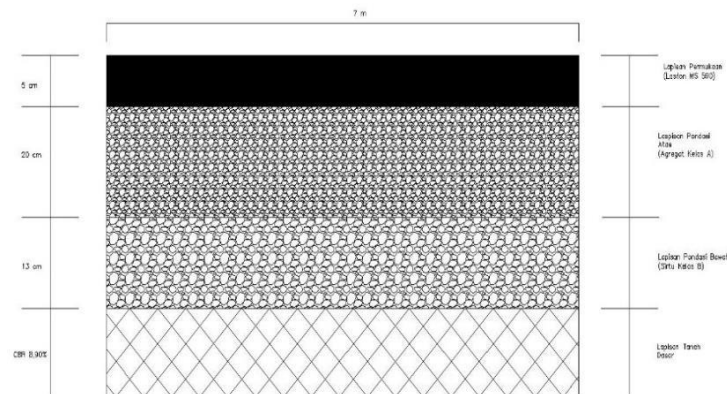
$$3 = 0.35(5) + 0.14(20) + 0.12.D_3$$

$$3 = 1.75 + 2.8 + 0.12D_3$$

$$3 - 4.55 = \frac{0.12D_3}{0.12}$$

$$D_3 = 12,91 \text{ cm}$$

$$= 13 \text{ cm}$$



Gambar 4. Detail Lapisan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan tebal lapis permukaan dengan metode Bina Marga, diperoleh tebal 5 cm, Lapis Pondasi Atas (LPA) 20 cm, dan Lapis Pondasi Bawah (LPB) 13 cm, dengan tebal perkerasan laston sebesar 5 cm. Perhitungan tebal perkerasan lentur mempertimbangkan berbagai faktor seperti volume lalu lintas, jenis material, dan kondisi tanah dasar, menggunakan metode analisis faktor beban serta rumus standar yang berlaku. Hasil menunjukkan bahwa tebal perkerasan yang optimal dapat meningkatkan daya tahan jalan dan mengurangi kerusakan akibat beban lalu lintas, sementara penggunaan material berkualitas dan teknik konstruksi yang tepat juga mendukung performa perkerasan. Pemeliharaan rutin dan evaluasi kondisi perkerasan penting untuk memperpanjang umur jalan, sehingga pengelola dapat melakukan intervensi yang tepat untuk menjaga kualitas dan keamanan. Sebagai saran, disarankan dilakukan survei kondisi jalan lama dan LHR untuk mengetahui tingkat kerusakan, pelaksanaan perawatan jalan setiap tahun, serta penerapan ketentuan teknis dan mutu bahan sesuai spesifikasi hingga akhir umur rencana jalan, guna memastikan performa dan keselamatan jalan tetap optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Arkawazi, S. A. F. (2017). Flexible Pavement Evaluation: A Case Study. *Kurdistan Journal of Applied Research*, 2(2), 52–61.
- Anisari, Adriyati, & Ihsani. (2023). *Aplikasi Metode Bina Marga 2017 pada Rute Jalan Provinsi Kalimantan Utara. Ketebalan total perkerasan lentur: 58cm.*

- Djaya, D. (2024). Alternatif Tebal Perkerasan Lentur dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 (mekanistik-empiris). *Jurnal Teknik*.
- Fariyadin, A. (2025). Analisa CESA4 & CESA5 pada Tebal Perkerasan. *G-Tech Jurnal Teknologi Terapan*, 9(1), 178–189.
- Fariyadin, A., Efendy, A., & Silviana, S. (2025). Evaluation of Flexible Pavement Using the 2017 Bina Marga Method Study on Darul Hikmah Street, Terong Tawah, Labuapi District. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 9(1), 178–189.
- Gunawan, G., & Nono. (2019). Potensi Bahan Limbah Untuk Lapisan Fondasi Jalan. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 35(1), 19–29.
- Kumar, P., & al., et. (2022). Flexible pavement construction using different waste materials: A review. *Transportation Engineering*, 9, 100123.
- Malang, I. T. N. (2024). *Studi Perencanaan Perkerasan Kaku dan Lentur Metode Bina Marga di wilayah perbatasan Lembudud-Bario*.
- Marga, D. J. B. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDP 2017)*.
- Nisumanti, S. (2019). Perhitungan Perkerasan Lentur Berdasarkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013. *Jurnal Teknik Gema*, 10(1), 35–44.
- Suaryana, N., & Fransisko, S. (2019). Optimasi Pemanfaatan Material Lokal untuk Lapis Fondasi Perkerasan Jalan Wilayah Terluar. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 36(1), 9–18.
- Sugema, M. R., & Maulana, R. (2023). Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993 dan MDP 2024. *Jurnal Teknik Unjani*, 14(2).
- Syamsuir, E., & al., et. (2024). Manual Desain Perkerasan Jalan 2024: Panduan dan Implementasi Teknis. *IJSR International Journal*.
- Syamsuir, E., Amraty, H., Wahyuni, F. I., & Fardela, R. (2024a). Flexible Pavement Design Using Bina Marga 2017 Method for the Padang Mengatas Road Section in Lima Puluh Kota Regency. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 5(1).
- Syamsuir, E., Amraty, H., Wahyuni, F. I., & Fardela, R. (2024b). Flexible Pavement Design Using the 2017 Bina Marga Method for Padang Mengatas Road. *Journal of Civil Engineering and Planning*.
- Yasin, Prakoso, & Yasruddin. (2023). *Perbandingan Ketebalan Perkerasan Lentur Metode Lama dan Manual Desain Perkerasan 2017 pada Kondisi CBR dan Beban Lalu Lintas Berbeda*.
- Zakaria, N. M., & al., et. (2014). Measurements of the Stiffness and Thickness of Asphalt Layers in Malaysian Flexible Pavements. *The Scientific World Journal*.