

Penerapan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024 untuk Menganalisis Tebal Perkerasan Lentur di Jalan Madara Kabupaten Barito Selatan

Jordy Generoso Are¹, Murniati², Robby³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jalan Yos Sudarso, Palangka Raya, Kalimantan Tengah 73112

¹E-mail: jgenerosoare@gmail.com

Abstract — Madara Village is one of the villages that requires transportation infrastructure to support the community's needs. Madara Village is located in the Dusun Selatan District, Barito Selatan Regency, with a population of approximately 477 people (2020). The aim of this study is to analyze the CBR value on the Madara Road from Sta. 0+000 to Sta. 03+000, and to analyze the thickness of flexible pavement on Madara Road using the MDP Bina Marga 2024 method. This study uses the MDP Bina Marga 2024 method in the road pavement thickness planning. The data required for this study includes primary data (vehicle traffic volume, existing road dimensions, and CBR), and secondary data (documentation, location maps). Based on the research data at the study site, several conclusions can be drawn, including the CBR design value on Madara Road, which is 1.31%, and the flexible pavement design for the Madara Road section in Dusun Selatan District, Barito Selatan Regency, which consists of an HRS-WC layer = 50 mm, Class A aggregate foundation layer = 150 mm, Class B aggregate foundation layer = 150 mm, and selected embankment = 300 mm.

Keywords: Madara Village, Flexible Pavement, MDP 2024.

Abstrak — Desa Madara merupakan salah satu desa yang membutuhkan prasarana transportasi yang mendukung segala kebutuhan masyarakat. Desa Madara terletak di Kecamatan Dusun Selatan Kabupaten Barito Selatan, dengan jumlah penduduk sekitar 477 jiwa (2020). Tujuan penelitian ini adalah menganalisis Nilai CBR pada Jalan Madara Sta. 0+000 sampai dengan Sta. 03+000, dan menganalisis tebal perkerasan lentur pada Jalan Madara dengan menggunakan metode MDP Bina Marga 2024. Dalam penelitian ini menggunakan metode MDP Bina Marga 2024 dalam perencanaan tebal perkerasan jalan. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer (LHR kendaraan, ukuran eksisting jalan, dan CBR), dan data sekunder (dokumentasi, peta lokasi). Berdasarkan hasil data penelitian pada lokasi studi, dapat diperoleh beberapa kesimpulan nilai CBR desain pada jalan Madara yaitu sebesar 1,31%, dan hasil perencanaan perkerasan lentur pada ruas jalan Madara Kecamatan Dusun Selatan Kabupaten Barito Selatan adalah lapisan HRS-WC = 50 mm, lapisan fondasi agregat kelas A = 150 mm, lapisan fondasi agregat kelas B = 150 mm, dan timbunan pilihan = 300 mm.

Keyword: Desa Madara, Perkerasan Lentur, MDP 2024

I. PENDAHULUAN

Desa Madara merupakan salah satu desa yang membutuhkan prasarana transportasi yang mendukung segala kebutuhan masyarakat. Desa Madara terletak di Kecamatan Dusun Selatan Kabupaten Barito Selatan, dengan jumlah penduduk sekitar 477 jiwa (2020). Rata-rata penduduk Desa Madara berprofesi sebagai petani dan nelayan. Agar bisa menyalurkan hasil alam penduduk desa, maka diperlukannya akses jalan yang memenuhi standar. Namun satu-satunya akses jalan darat yang berjarak sekitar 13 km dari Jalan Trans Palangka Raya-Buntok masih terbilang sangat sulit aksesnya, karena ruas Jalan Madara ini belum pernah diaspal dan hanya timbunan batuan dan tanah saja. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini memiliki tujuan menganalisis Nilai CBR pada Jalan Madara Sta. 0+000 sampai dengan Sta. 03+000, dan

menganalisis tebal perkerasan lentur pada Jalan Madara dengan menggunakan Metode MDP Bina Marga 2024. Pada penelitian ini juga memiliki manfaat yaitu, memperoleh nilai CBR pada Jalan Madara Sta. 0+000 sampai dengan Sta.03+000, dan memberikan rekomendasi untuk tebal lapisan perkerasan lentur Jalan Madara Sta. 0+000 sampai dengan Sta. 03+000.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu struktur yang dirancang dengan kekuatan, ketahanan, dan kekakuan yang diletakkan di atas tanah dasar, yang berfungsi untuk menyalurkan beban di atasnya ke tanah dasar dengan baik. Perkerasan yang direncanakan harus sesuai dengan kebijakan desain dan memperhatikan aspek-aspek yang telah ditetapkan, dengan demikian

dapat dihasilkan perkerasan yang bisa mengurangi risiko kerusakan jalan yang secara langsung juga menghemat biaya pemeliharaan jalan, dan tercapainya umur rencana sesuai dengan perencanaan.

Klasifikasi Jalan

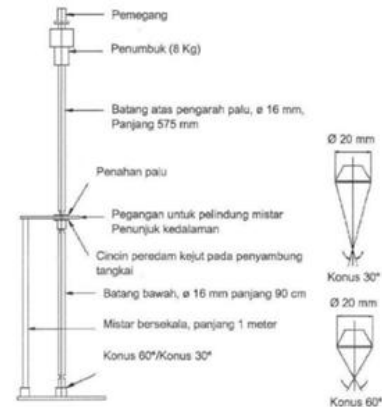
Klasifikasi jalan berdasarkan status jalan adalah sebagai berikut:

1. Jalan Nasional
kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang mengubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
2. Jalan Provinsi
Jalan Provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan Kabupaten
Jalan Kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan Kota
Jalan Kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota.
5. Jalan Desa
Jalan Desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/ atau antar permukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

DCP (Dynamic Cone Penetrometer) adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah dasar jalan langsung di tempat. Tes DCP digunakan untuk menentukan kekuatan tanah dasar atau lapis perkerasan jalan tanpa pengikat yang dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Pengujian ini dapat dilakukan hingga kedalaman 80 cm, dan mampu diperdalam hingga 120 cm dengan menyambung tangkai. Variabel hasil

pengujian DCP dapat dikorelasikan dengan nilai CBR (California Bearing Ratio) sehingga hasil akhir dari uji DCP dapat ditampilkan sebagai nilai CBR, yang dapat digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan jalan. Berikut adalah bagian-bagian dari DCP yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian Bagian DCP

Sumber: (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010)

Pada Pengujian DCP ini menggunakan rumusan korelasi Tahun 2010, Negara Indonesia lewat Kementerian Pekerjaan Umum, telah mengeluarkan Pedoman Rumusan korelasi antara nilai DCP-CBR lewat Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Nomor 04/SE/M/2010 dengan Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 2,8135 - 1,313 \text{ log}_{10} \text{ DCP}$ untuk konus 60° (tanah butir halus) (1)

$\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 1,3520 - 1,125 \text{ log}_{10} \text{ DCP}$ untuk konus 30° (tanah butir kasar) (2)

California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio (CBR) merupakan percobaan daya dukung tanah yang dikembangkan oleh California State Highway Department, prinsip pengujian ini adalah pengujian penetrasi dengan cara memasukkan suatu benda ke dalam benda uji. Pengujian CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu material terhadap material standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Tabel 1. Kriteria CBR untuk tanah dasar jalan (subgrade)

Section	Material	Nilai CBR (%)
Subgrade	Sangat Baik	20 - 30
	Baik	10 - 20
	Sedang	5 - 10
	Buruk	<5

Sumber: Tumbul (1968) dalam Raharjo (1985)

Tabel 2. Nilai CBR material yang dikenal umum

Material	CBR %
Agregat pecah padat-bergradasi biasanya digunakan untuk pondasi perkerasan	100
Agregat alami padat-bergradasi biasanya digunakan untuk pondasi perkerasan	80
Batu kapur	80
Pasir campuran	50 - 80
Pasir berbutir kasar	20 - 50
Pasir berbutir halus	10 - 20
Tanah lempung	<3

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2012)

Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 Metode manual desain perkerasan Nomor 03/M/BM//2024 merupakan metode yang diterbitkan sebagai pengganti edisi sebelumnya (MDP dan Suplemen MDP 2017). Metode desain yang digunakan pada manual desain perkerasan adalah metode mekanistik empirik dalam perancangan perkerasan lentur dengan keluaran berupa katalog struktur. MDP 2024 meliputi perubahan istilah capping layer dihilangkan, penanganan tanah problemat dengan ketebalan di atas 1 m direkomendasikan dianalisis secara geoteknik, perhitungan volume lalu lintas, nilai reliabilitas, bagan desain katalog perkerasan lentur dan lain sebagainya. Berikut merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan:

1. Umur Rencana

Untuk menentukan umur rencana perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Umur Rencana perkerasan jalan baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
	Lapis Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, dan terowongan	
Perkerasan kaku	Lapis Fondasi Berpengikat Semen, Cement Treated Based (CTB)	10
	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	10

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024)

2. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

Tabel 4. Pemilihan jenis perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESAS (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 - 30	>30
AC modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-	-	2
AC dengan CTB		-	-	-	2	-
AC Modifikasi dengan CTB		-	-	-	-	2
AC dengan lapis fondasi agregat	3, 3A, 3B	-	1, 2	1, 2	2	-
HRS tipis di atas lapis fondasi agregat	4	2	2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat	5	3	3	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi Soil Cement	6	2	2	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilisasi semen)	7	2	2	-	-	-
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	8	-	-	-	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	8A	-	-	1, 2	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan kerikil)	9	1	-	-	-	-

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024)

3. Lalu Lintas

a. Analisa Lalu Lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

b. Data Lalu Lintas

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial. Apabila diketahui atau diduga terdapat kesalahan data, harus dilakukan penghitungan lalu lintas khusus sebelum perencanaan akhir dilakukan.

c. Jenis Kendaraan

Sistem klarifikasi kendaraan ditunjukkan pada tabel 7 dan 8 klasifikasi dan konfigurasi sumbu kendaraan Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup

kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan.

d. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data dapat digunakan Tabel 5.

Tabel 5. Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024)

Perhitungan pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dengan factor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) menggunakan Persamaan 3.

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \tag{3}$$

Dengan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan

UR = Umur Rencana (tahunan)

e. Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truck dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Tabel 6. Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024)

4. Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban. Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Desain yang akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan.

Tabel 7. Pengumpulan data beban gandar

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar*
Jalan Bebas Hambatan*	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 3
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	2 atau 3

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024)

Tabel 8. Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gd 5B	Gd 6A	Gd 6B	Gd 7A1	Gd 7A2	Gd 7A3	Gd 7B1	Gd 7B2	Gd 7B3	Gd 7C1	Gd 7C2A	Gd 7C2B	Gd 7C3	Gd 7C4
		Faktual	1,2	0,5	1,5	-	4,9	-	-	-	-	-	2,6	5,1	3,9
Normal	1,2	0,5	0,4	-	2,5	-	-	-	-	-	2,4	5,1	3,9	4,3	-
Faktual	1,3	0,4	1,9	-	8,7	-	-	-	-	-	3,3	6,8	5,2	13,3	-
Normal	1,3	0,4	0,4	-	3,2	-	-	-	-	-	3,0	6,8	5,2	5,9	-

Sumber:Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakya (2024)

5. Beban Sumbu Standar Kumulatif *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan menggunakan Persamaan

$$ESATH-1 = (LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R \tag{4}$$

Dengan:

LHRJK = lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan

- kendaraan per hari).
- VDFJK = Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga.
- DD = Faktor distribusi arah.
- DL = Faktor distribusi lajur.
- CESAL = Kumulatif beban sumbu standar Ekuivalen selama umur rencana.
- R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

6. Desain Perkerasan Lentur

Desain perkerasan lentur berdasarkan beban lalu lintas rencana dan pertimbangan biaya terendah, dapat ditunjukkan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Bagan desain – 2 desain fondasi jalan minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Urutan Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku
			Beban Lalu Lintas Pada Jalur Rencana Dengan Umur Rencana 40 Tahun (Juta ESAL)		
			<10	>10	
5	SG5	Perbaikan tanah dengan material timbunan pilihan (CBR ≥ 10%)	Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar (mm)		
4	SG4		200	200	200
3	SG3		300	400	400
2.5	SG2.5		300	400	400
				600	600

Untuk tebal tanah lunak > 1 m harus dibarengi dengan penanganan geoteknik, sedangkan untuk ketebalan < 1 m dapat diganti tanah timbunan dengan kelas minimum yang sama dengan ketebalan dan betanau untuk tebal SG2.5 Bagan Desain ini.

Penanganan sesuai dengan kajian geoteknik terhadap besaran potensi pemuaian dengan ketebalan penutup tidak kurang dari 600 mm berupa material dengan potensi pemuaian tidak lebih besar dari 1,5%. Di atas lapis penutup tersebut harus ditambahkan lapis perbaikan SG2.5.

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024)

Tabel 10. Bagan desain – 4 desain perkerasan lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ CESAL)	FF1 < 0,5		0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
	HRS atau Penetrasi Makadam		HRS ²
Jenis permukaan	Tebal lapisan (mm)		
Struktur perkerasan			
HRS-WC	50	30	
HRS-Base	-	35	
LFA Kelas A	150	250	
LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis stabilisasi dengan CBR ≥ 10% ¹	150	150	

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024)

III. METODE

Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ialah:

1. Data Primer

Merupakan data yang didapatkan dengan cara survei lapangan, seperti pengambilan data LHR (Lalu lintas Harian Rata-rata) kendaraan, ukuran eksisting jalan, dan data CBR pada ruas jalan Madara
2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung dalam penelitian ini, berupa dokumentasi kondisi eksisting, dan peta lokasi jalan Madara.

Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan survei pendahuluan yaitu dengan meninjau lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi terkini di lokasi penelitian.
2. Melakukan pengambilan data lapangan, berupa data LHR kendaraan, ukuran eksisting jalan, dan data CBR pada ruas Jalan Madara. Pengambilan data LHR kendaraan dilakukan 3 hari selama 12 jam. Sedangkan untuk pengambilan data CBR diambil per 200 m dengan panjang ruas jalan sebesar 3 km.
3. Menganalisis hasil data yang diambil, berupa data LHR kendaraan, ukuran eksisting jalan, dan CBR pada ruas jalan Madara. Adapun analisis perencanaan tebal perkerasan yaitu dengan menggunakan metode MDP 2024.
4. Menarik kesimpulan dan memberikan saran sebagai solusi permasalahan yang diteliti.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan tebal perkerasan jalan lentur dengan metode MDP 2024 merupakan upaya untuk mengenali permasalahan yang timbul bagaimana melakukan perancangan struktur jalan. Penelitian dilakukan di jalan Desa Madara Kecamatan Dusun Selatan yang memiliki lebar jalan 2,5 m setiap jalurnya dengan fungsi jalan tersebut sebagai jalan penghubung antara jalan lintas provinsi Palangka Raya-Buntok dengan Desa Madara. Dalam melakukan perancangan struktur jalan Madara perhitungan tebal perkerasan lentur menggunakan Metode MDP 2024.

Data Lalu Lintas

Setelah dilakukan survei LHR selama tiga hari dari jam 06.00 Wib – 18.00 Wib pada ruas Jalan Madara Sta. 00+000 s/d 03+000, maka didapatkan volume lalu lintas rata-rata yang ditampilkan Tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 11. Rekapitulasi LHR

GOL	NAMA KENDARAAN	JUMLAH KENDARAAN HARI 1	JUMLAH KENDARAAN HARI 2	JUMLAH KENDARAAN HARI 3	LHR RATA RATA
1	Sepeda Motor	47	23	18	29
2	Sedan	15	4	7	9
3	Angkutan Penumpang	-	-	-	-
4	Pick Up	10	4	2	5
5a	Bus Kecil	-	-	-	-
5b	Bus Besar	-	-	-	-
6a	Truck Ringan 2 Sumbu 4 Roda	10	7	4	7
6b	Truck 2 Sumbu 6 Roda	23	15	18	19
7a	Truck 3 Sumbu 8-10 Roda	-	-	-	-
7b	Truck Gandeng	-	-	-	-
7c	Truck Semi Trailer	-	-	-	-
8	Kendaraan Tidak Bermotor	-	-	-	-
	Total	105	53	49	69

Data perencanaan lalu lintas jalan Madara Tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut:

Tabel 12. Data perencanaan lalu lintas ruas jalan minimum

NO	DATA	KETERANGAN
1	Jenis Jalan	Desa
2	Umur Rencana (UR)	20 Tahun
3	Pertumbuhan Lalu Lintas (i)	1%
4	Distribusi Kendaraan	2 Lajur

Perhitungan Kumulatif Beban Sumbu Standar Ekuivalen Dalam Periode Umur Rencana (20 Tahun)

Kumulatif beban sumbu standar Ekuivalen selama umur rencana atau disebut CESAL merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain selama umur rencana yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 4. Dalam menentukan kumulatif beban sumbu standar Ekuivalen selama umur rencana ada beberapa aspek penting di dalamnya seperti:

- Menentukan nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF)
Vehicle Damage Factor merupakan akumulasi angka ekuivalen dari sumbu roda kendaraan depan dan sumbu roda kendaraan belakang. Berdasarkan Tabel 8 Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga MDP 2024, maka didapatkan VDF normal dan VDF faktual untuk Provinsi Kalimantan Tengah.
- Menentukan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)
 Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3. Maka untuk analisis ini nilai faktor

pertumbuhan lalu lintas pada permulaan periode beban normal MST 12 ton pada tahun 2024-2044 adalah:

$$R(2024-2044) = ((1+0,01i)UR - 1)/0,01i$$

$$R(2024-2044) = ((1+0,01)20 - 1)/0,01$$

$$R(2024-2044) = 22,019$$

Dalam pemilihan desain timbunan maka di perlukan faktor pertumbuhan lalu lintas 40 tahun, maka:

$$R(2024-2064) = ((1+0,01i)UR - 1)/0,01i$$

$$R(2024-2064) = ((1+0,01)40 - 1)/0,01$$

$$R(2024-2064) = 48,886$$

- Menentukan Faktor Distribusi Lajur (DL)
 Faktor distribusi lajur dapat ditentukan berdasarkan Tabel 6. Faktor Distribusi Lajur. Berdasarkan data lalu lintas 1 lajur 2 arah, maka nilai faktor distribusi lajur adalah 80% atau DL = 0,8.
- Menentukan Faktor Distribusi Arah (DD)
 Berdasarkan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024, faktor distribusi untuk jalan 2 arah yaitu DD = 0,5.
- Beban Sumbu Standar Kumulatif
 Berdasarkan aspek-aspek penting di atas maka nilai kumulatif beban sumbu standar ekuivalen atau CESAL dapat ditentukan sebagai berikut.

$$E\$SATH-1 = (LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R$$
 Untuk perhitungan ESA5 (2024-2044) dan ESA5 (2024-2064) VDF normal pada kendaraan truck ringan 2 sumbu 4 roda adalah sebagai berikut:

$$ESA5(2024-2044) = (7 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 0,8 \times 22,019 = 9.001,367$$

$$ESA5(2024-2064) = (7 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 0,8 \times 48,886 = 19.984,59$$

Tabel 13. Perhitungan CESA

JENIS KENDARAAN	GOL	LHR 2024	VDF5 NORMAL	R(2024 - 2044)	R(2024 - 2064)	JUMLAH HARI	DD	DL	CESA5 (2024 - 2044)	CESA5 (2024 - 2044)	
Sedan, Jeep, dan Station Wagon	2	9	-	22,019	48,886	365	0,5	0,8	-	-	
Oplet, Pick up, Mini Bus	3	0	-	22,019	48,886	365	0,5	0,8	-	-	
Pick Upp, Mikro Truck, Mobil Hantaran	4	5	-	22,019	48,886	365	0,5	0,8	-	-	
Bus Kecil	5a	0	-	22,019	48,886	365	0,5	0,8	-	-	
Bus Besar	5b	0	1,3	22,019	48,886	365	0,5	0,8	-	-	
Truck Ringan 2 Sumbu 4 Roda	6a	7	0,4	22,019	48,886	365	0,5	0,8	9001,367	19984,597	
Truck 2 Sumbu 6 Roda	6b	19	0,4	22,019	48,886	365	0,5	0,8	24432,282	54243,906	
Truck 3 Sumbu 8-10 Roda	7a	0	-	22,019	48,886	365	0,5	0,8	-	-	
Truck Gandeng	7b	0	-	22,019	48,886	365	0,5	0,8	-	-	
Truck Semi Trailer	7c	0	3	22,019	48,886	365	0,5	0,8	-	-	
									ESA	33433,650	74228,502
									CESA5		CESA5

Nilai-nilai ESA5 untuk jenis kendaraan lainnya dapat dilihat pada Tabel 13. Dari perhitungan pada Tabel 13 di atas, maka didapat nilai CESA5 20 tahun adalah 33.433,650 dan CESA5 40 tahun adalah 74.228,502.

Penentuan Dan Pemilihan Jenis Perkerasan
 Pemilihan perkerasan akan bervariasi sesuai beban lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Maka penentuan dan pemilihan jenis perkerasan CESA5 menggunakan Tabel 14 Pemilihan Jenis Perkerasan.

Tabel 14. Proses pemilihan jenis perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 - 30	>30
AC modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-	-	2
AC dengan CTB		-	-	-	2	-
AC Modifikasi dengan CTB		-	-	-	-	2
AC dengan lapis fondasi agregat	3, 3A, 3B	-	1, 2	1, 2	2	-
HRS tipis di atas lapis fondasi agregat	4	2	2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat	5	3	3	-	-	-

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024)

Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh nilai ESA 20 tahun sebesar 33.433,650, maka nilai ESA sesuai Tabel 14. Proses Pemilihan Jenis Perkerasan berada pada 0-1 juta. Karena dalam penelitian ini adalah perkerasan lentur, maka dipilih tipe perkerasan HRS (*Hot Rolled Sheet*) tipis di atas lapis fondasi agregat dengan pelaksana kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.

Menentukan Desain Fondasi

Dalam menentukan desain fondasi perlu menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan Nilai CBR

Data CBR yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan alat DCP diperoleh CBR untuk setiap titik dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Rekapitulasi data CBR rata-rata

NO SEGMENT	STA	CBR (%)
1	00+000	3,35
2	00+200	1,53
3	00+400	3,81
4	00+600	1,21
5	00+800	1,63
6	01+000	2,22
7	01+200	8,65
8	01+400	2,71
9	01+600	2,36
10	01+800	2,95
11	02+000	5,80
12	02+200	2,56
13	02+400	3,18
14	02+600	5,04
15	02+800	2,70
16	03+000	2,48
TOTAL		52,1550

Sesuai dengan tabel faktor penyesuaian modulus tanah terhadap kondisi musim pada Tabel 16 sebagai berikut:

Tabel 16. Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim

Musim	Faktor Penyesuaian Minimum Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP
Musim hujan dan tanah jenuh	0,90
Masa transisi	0,80
Musim kemarau	0,70

Sumber: (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2024)

karena pengambil data dilakukan pada musim kemarau maka dipakai faktor penyesuaian untuk musim kemarau yaitu 0,70.

Nilai CBR Desain = CBR hasil pengujian DCP x faktor penyesuaian
Sebagai contoh pada Sta. 00+000.

$$\begin{aligned} \text{Nilai CBR Desain} &= 3,35 \times 0,70 \\ &= 2,35\% \end{aligned}$$

CBR Desain untuk Sta. lainnya dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Nilai hasil perhitungan CBR desain

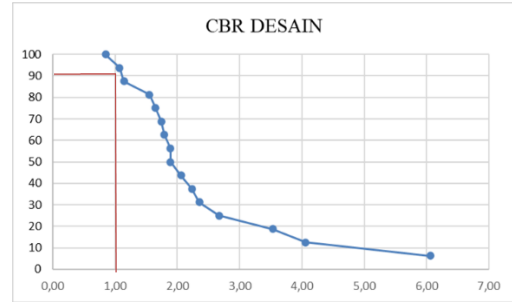
NO SEGMENT	STA	CBR (%)	FAKTOR PENYESUAIAN	CBR DESAIN
1	00+000	3.35	0.7	2.35
2	00+200	1.53	0.7	1.07
3	00+400	3.81	0.7	2.67
4	00+600	1.21	0.7	0.85
5	00+800	1.63	0.7	1.14
6	01+000	2.22	0.7	1.55
7	01+200	8.65	0.7	6.06
8	01+400	2.71	0.7	1.89
9	01+600	2.36	0.7	1.65
10	01+800	2.95	0.7	2.06
11	02+000	5.80	0.7	4.06
12	02+200	2.56	0.7	1.79
13	02+400	3.18	0.7	2.23
14	02+600	5.04	0.7	3.53
15	02+800	2.70	0.7	1.89
16	03+000	2.48	0.7	1.74

Menghitung CBR tanah dasar dengan metode grafis, yaitu dengan mengurutkan data dari yang terkecil ke data yang terbesar seperti yang terlihat pada Tabel 17.

Tabel 18. CBR tanah dasar metode grafis

NO URUT	CBR DESAIN	NILAI SAMA ATAU LEBIH BESAR	%SAMA ATAU LEBIH BESAR	
1	0.85	16	16/16 x 100%	100
2	1.07	15	15/16 x 100%	94
3	1.14	14	14/16 x 100%	88
4	1.55	13	13/16 x 100%	81
5	1.65	12	12/16 x 100%	75
6	1.74	11	11/16 x 100%	69
7	1.79	10	10/16 x 100%	63
8	1.89	9	9/16 x 100%	56
9	1.89	8	8/16 x 100%	50
10	2.06	7	7/16 x 100%	44
11	2.23	6	6/16 x 100%	38
12	2.35	5	5/16 x 100%	31
13	2.67	4	4/16 x 100%	25
14	3.53	3	3/16 x 100%	19
15	4.06	2	2/16 x 100%	13
16	6.06	1	1/16 x 100%	6

Berdasarkan Tabel 17 diperoleh grafik hubungan CBR (%) dengan persen yang sama atau lebih besar (%) yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik CBR Desain

Nilai CBR Desain dengan grafik diperoleh melalui interpolasi data 94% dan data 88% untuk memperoleh data 90% pada grafik.

$$\begin{aligned} \frac{94 - 90}{94 - 80} &= \frac{1,07 - x}{1,07 - 1,44} \\ \frac{4}{6} &= \frac{1,07 - x}{-0,37} \\ -1,48 &= 6,42 - 6x \\ x &= \frac{7,9}{6} \end{aligned}$$

Jadi persentase 90% pada grafik, merupakan nilai CBR Desain sebesar 1,31%.

2. Menentukan Fondasi

Dalam menentukan desain jalan pada MDP 2024 sangat ditekankan dalam hal perbaikan tanah dasar, dengan melihat kondisi CBR tanah dasar dan nilai CESA5 40 tahun yang akan diterima perkerasan seperti yang ditampilkan pada Tabel 19 dibawah ini.

Tabel 19. Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Urutan Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur	
			Beban Lalu Lintas Jeda Jalar Rencana Dengan Umur Rencana 40 Tahun (Juta EBS)	Perkerasan Raku
			<10	>10
			Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar (mm)	
5	SG5	Perbaikan tanah dengan material timbunan pilihan (CBR ≥ 10%)	200	200
4	SG4		200	200
3	SG3	Perbaikan tanah dengan material timbunan pilihan (CBR ≥ 10%)	400	400
2.5	SG2.5		600	600

• Kekuatan tanah dasar < 2.5% atau tanah lunak
 • Tanah ekspansif

Untuk tebal tanah lunak > 1 m harus dilindungi dengan penempatan geotekstik, sedangkan untuk ketebalan < 1 m dapat diganti tanah timbunan dengan nilai minimum yang sama dengan ketebalan dan berlaku untuk nilai SG2.5 ke bawah.

Penanganan sesuai dengan kajian geoteknik terhadap besaran potensi pemuaian dengan ketebalan penutup tidak kurang dari 500 mm berupa material dengan potensi pemuaian tidak lebih besar dari 1.5%. Di atas lapis penutup terasot harus ditambatkan lapis perbaikan SG2.5.

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024)

CBR perkerasan sebesar 1,31% dan CESA5 40 tahun sebesar 74.228,502 maka didapatkan solusi desain fondasi yang memerlukan peningkatan tanah dasar berdasarkan Tabel 19 Bagan Desain – 2 Desain fondasi Jalan Minimum didapat alternatif material timbunan tanah dengan tebal minimum 300 mm.

Menentukan Desain Tebal Perkerasan Jalan Nilai CESA5 yang diperoleh sebesar 33.433,650 ESAL, untuk tebal perkerasannya dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20. Proses penentuan bagan desain – 4 desain perkerasan lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ CESA5)	FF1 < 0,5		0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
	HRS atau Penetrasi Makadam	Tebal lapisan (mm)	
Jenis permukaan			HRS ²
Struktur perkerasan			
HRS-WC	50		30
HRS-Base	-		35
LFA Kelas A	150		250
LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10% ¹	150		150

Sumber: (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2024)

Dari Tabel 20 di atas, untuk nilai CESA5 tersebut diperoleh tebal perkerasan sebagai berikut.

HRS-WC = 50 mm

LPA Kelas A = 150 mm

LPA Kelas B = 150 mm

Timbunan = 300 mm

Dari hasil tebal perkerasan, didapatkan bentuk desain fondasi perkerasan lentur yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain fondasi perkerasan lentur

V. KESIMPULAN

1. Nilai CBR desain tanah dasar untuk jalan Madara Sta. 00+000 sampai dengan Sta. 03+000 yaitu sebesar 1,31%, yang berarti tidak memenuhi CBR minimum yang disyaratkan dan perlu dilakukan stabilisasi tanah dengan menggunakan material pilihan.
2. Hasil perencanaan perkerasan lentur pada ruas jalan Madara Kecamatan Dusun Selatan Kabupaten Barito Selatan adalah lapisan HRS-WC = 50 mm, lapisan fondasi agregat kelas A = 150 mm, lapisan fondasi agregat kelas B = 150 mm, dan timbunan pilihan = 300 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan petunjuk, kekuatan, kesabaran serta keteguhan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Ibu Murniati, S.T., M.T, dan Bapak Robby, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan, saran, nasehat, dan petunjuk selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, khususnya keluarga besar Teknik Sipil angkatan 2020 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Berutu, M. (2023). *Perencanaan tebal perkerasan lentur (flexible pavement) dengan metode MDP 2017 dan AASHTO 1993 (Studi kasus: Jalan Banteng Kota Palangka Raya)*. Palangka Raya: Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya: Agregat Vol 8, No 2.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Pedoman kapasitas jalan Indonesia*.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga. (2024). *Manual desain perkerasan jalan nomor: 03/M/BM/2024*. Jakarta.

Leweherilla, N. M. Y. (2022). Analisis perencanaan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2018 pada ruas jalan Desa Lauran Kecamatan Tanimabar Selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar. *Jurnal Manumata*, 8(1).

Manuputty, T. L. (2022). Analisis tebal perkerasan lentur dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP 2017) pada ruas jalan Desa Kowatu - Desa Ramberu, Kecamatan Inamosol, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Manumata*, 8(1).

Praja, R.I. (2023). Analisis tebal perkerasan lentur menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2017 pada ruas jalan Tanjung Lubuk – Sri Tanjung Kabupaten Ogan Komering Ilir. *Bandar Lampung: Program*.

Wibisono, R. E. (2023). Perhitungan perencanaan perkerasan lentur jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk Menggunakan Metode MDPJ 2017. *Protaksi*, 5(1).