

**STUDI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR PADA RUAS
JALAN DESA AIR KALIMAT - WAHE KECAMATAN TALIABU
UTARA KABUPATEN PULAU TALIABU
PROVINSI MALUKU UTARA**

***PLANNING STUDY OF FLEXIBLE PAVEMENT THICKNESS ON THE
ROAD SECTION OF AIR KALIMAT VILLAGE - WAHE, NORTH
TALIABU DISTRICT, TALIABU ISLAND DISTRICT,
NORTH MALUKU PROVINCE***

Riduan^{1*}, Sri Susilawati²

¹Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tompotika Luwuk
email: ridwanamin1965@gmail.com¹

²Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tompotika Luwuk
email: sriwati979@gmail.com²

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kendala yang menghambat pembangunan fasilitas prasarana jalan yang rusak dan belum ada perkerasan. Keterbatasan infrastruktur ini jelas mengakibatkan adanya biaya-biaya ekstra yang pada akhirnya akan mengakibatkan biaya menjadi tinggi. Untuk itu perlu dilakukan pembuatan jalan baru dan disesuaikan dengan kondisi lalu-lintas yang ada pada daerah tersebut. Ruas jalan Desa Air Kalimat sampai Desa Wahe memiliki panjang total dari proyek peningkatan jalan ini adalah 11 km. Agar konstruksi jalan dapat melayani arus lalu-lintas sesuai dengan umur rencana, maka dibuat perencanaan tebal perkerasan yang baik, karena dengan perencanaan tebal perkerasan yang baik diharapkan konstruksi perkerasan jalan mampu memikul beban kendaraan yang melintas dan menyebarkan beban tersebut kelapisan-lapisan dibawahnya dan tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri.

Hasil Perhitungan untuk Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Lentur pada Ruas Jalan Desa Air Kalimat – Wahe pada Manual Desain Perkerasan 2013 menunjukkan HRS WC = 3 cm, HRS Base = 3,5 cm, LPA Kelas A2 = 25 cm, LPA Kelas B = 12, 5 cm dan tidak memiliki hasil pada tipe perkerasan AC. Untuk Manual Desain Perkerasan 2017 menunjukkan hasil perhitungan Tipe perkerasan HRS dan AC. Untuk nilai ketebalan tipe perkerasan HRS yaitu HRS WC = 5 cm, LPA kelas A2 = 15 cm, LPA kelas B = 15 cm. dan untuk nilai tipe perkerasan AC adalah AC WC = 40 mm, AC BC = 60, LPA kelas A = 400 mm.

Kata Kunci: Tebal Perkerasan Lentur, LPA, AC BC, HRS WC

Abstract

The aim of this research is to determine the obstacles that hinder the construction of damaged road infrastructure facilities and no pavement. This limited infrastructure clearly results in extra costs which will

ultimately result in high costs. For this reason, it is necessary to build a new road and adapt it to the existing traffic conditions in the area. The road section from Air Kalimat Village to Wahe Village has a total length of this road improvement project of 11 km. So that road construction can serve traffic flow according to the design age, a good pavement thickness plan is made, because with good pavement thickness planning it is hoped that the road pavement construction will be able to carry the load of passing vehicles and spread the load to the layers below and without causing damage. significant damage to the road construction itself.

Calculation results for Planning the Thickness of Flexible Pavement Layers on the Air Kalimat – Wahe Village Road in the 2013 Pavement Design Manual showed HRS WC = 3 cm, HRS Base = 3.5 cm, LPA Class A2 = 25 cm, LPA Class B = 12, 5 cm and has no results on AC pavement types. For the 2017 Pavement Design Manual, the calculation results for HRS and AC pavement types are obtained. For HRS type pavement thickness values, namely HRS WC = 5 cm, LPA class A2 = 15 cm, LPA class B = 15 cm. and for AC pavement type values are AC WC = 40 mm, AC BC = 60, LPA class A = 400 mm.

Keywords: Flexible Pavement Thickness, LPA, AC BC, HRS WC

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mengalami perkembangan pesat. Oleh karena itu, pembangunan sebuah jalan haruslah dapat menciptakan keadaan yang aman bagi pengendara dan pejalan kaki yang memakai jalan tersebut. Salah satu faktor dibangunnya sebuah jalan adalah akibat perkembangan sebuah daerah, baik itu perkembangan industri maupun perkembangan ekonomi. Dengan adanya sarana transportasi jalan ini akan dapat memperlancar arus komunikasi dan informasi antar daerah sehingga tidak ada lagi manusia yang tinggal di daerah tersebut terisolir. (Mardianus, 2013).

Dalam rangka peningkatan terhadap pelayanan masyarakat Kabupaten Pulau Taliabu, Pemerintah Kabupaten Pulau Taliabu yang baru saja mengalami pemekaran dari Kabupaten Sula berusaha meningkatkan sarana dan prasarana daerah yang berkaitan dengan fasilitas umum, akan tetapi usaha tersebut di beberapa wilayah ternyata belum dapat dilaksanakan secara optimal, dikarenakan adanya beberapa kendala yang menghambat pembangunan fasilitas tersebut seperti kondisi *eksisting* jalan yang rusak dan belum ada perkerasan, masih ada daerah yang tidak memiliki akses penghubung darat (terisolir). Keterbatasan infrastruktur ini jelas mengakibatkan adanya biaya-biaya ekstra yang pada akhirnya akan mengakibatkan biaya menjadi tinggi. Untuk itulah perlu dilakukan pembuatan jalan baru dan disesuaikan dengan kondisi lalu-lintas yang ada pada daerah tersebut.

Pada Ruas jalan Desa Air Kalimat sampai Desa Wahe Pemerintah merasa perlu kiranya membuat peningkatan jalan dari jalan tanah asli menjadi Jalan Perkerasan karena kondisi jalan yang ada mengalami kerusakan yang cukup parah dan selain itu kedua daerah ini adalah kawasan yang potensial untuk *Agrobisnis, Agroindustri* dan *Agrowisata* (BPS, 2021)

Proyek ini adalah proyek peningkatan jalan antara Desa Air Kalimat sampai Desa Wahe sehingga dengan demikian sarana transportsasi jalan yang menghubungkan kedua wilayah tersebut dapat berjalan normal. Panjang total dari proyek peningkatan jalan ini adalah 11 km. Agar konstruksi jalan dapat melayani arus lalu-lintas sesuai dengan umur rencana, maka perlu dibuat perencanaan tebal perkerasan yang baik, sehingga diharapkan konstruksi perkerasan jalan mampu memikul beban kendaraan yang melintas dan menyebarkan beban tersebut kelapisan- lapisan dibawahnya dan tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri, dan dengan demikian akan memberikan kenyamanan kepada pengguna jalan selama masa pelayanan.

METODE PENELITIAN

A. Klasifikasi Jalan berdasarkan Beban Muatan Sumbu

Pengelompokan jalan menurut muatan sumbu terberat (MST) disebut juga dengan kelas jalan. Menurut Undang-Undang Nomor: 22 Tahun 2009 Tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan pada pasal 19 ayat 2 sebagai berikut:

- a. **Jalan kelas I**, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton;
- b. **Jalan kelas II**, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton;
- c. **Jalan kelas III**, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 (sembilan ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton; dan
- d. **Jalan kelas khusus**, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 (sepuluh) ton.

B. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Pengklasifikasian menurut medan jalan berdasarkan pada kondisi kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksi harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Tabel 1, Klasifikasi Menurut Medan jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan
1	Datar	D	< 3
2	Berbukit	B	3 - 25
3	Pegunungan	G	> 25

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Nomor: 038/TBM/1997
Depatemen PU, Ditjen Bina Marga.

Tabel 2, Lebar Minimum Badan Jalan

Fungsi Jalan	Jenis Angkutan Dilayani	Jarak Perjalanan	Persimpangan Sebidang	Jumlah Akses	Lebar Badan Jalan Minimum (m)
Arteri	Angkutan Utama	Jauh	Diatur	Dibatasi	11.00
Kolektor	Pengumpul atau Pembagi	Sedang			9.00
Lokal	Angkutan Setempat	Dekat	Tidak Diatur	Tidak Dibatasi	7.50
Fungsi Jalan	Jenis Angkutan Dilayani	Jarak Perjalanan	Persimpangan Sebidang	Jumlah Akses	Lebar Badan Jalan Minimum (m)

C. Kontruksi Perkerasan Jalan

Struktur Perkerasan jalan adalah bagian konstruksi jalan yang diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu yang memiliki ketebalan, kekuatan dan kekakuan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya keseluruh tanah dasar (Mantiri et al., 2019).

Berdasarkan bahan pengikatnya kontruksi jalan dapat dibedakan atas :

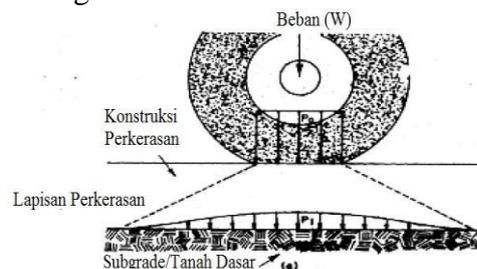
1. **Konstruksi perkerasan lentur** (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. **Konstruksi perkerasan kaku** (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan diatas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.
3. **Konstruksi perkerasan komposit** (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.(Sukirman S, 1995).

Tabel, 3. Perbedaan antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

Uraian	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
Bahan Pengikat	Aspal	Semen
Repetisi Beban	Timbul <i>Rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
Perubahan Temperatur	Modulus kekakuan berubah Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Sukirman S, (1995)

Kontruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya. Pada gambar 1 di bawah ini terlihat bahwa beban kendaraan yang dilimpahkan pada perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata, beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.



Gambar 1. Penyebaran beban roda kendaraan melalui lapisan perkerasan jalan.

Sumber: Sukirman S, (1995)

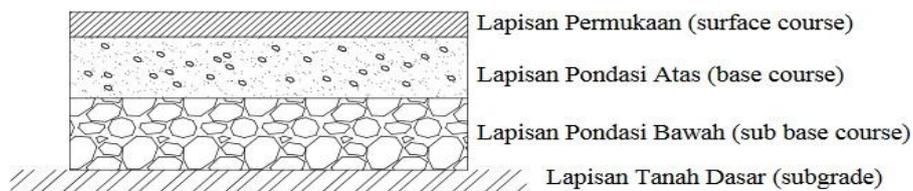
Karena sifat penyebaran gaya makan muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. (Sukirman S, 1995). Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. (Sukirman S, 1995).

Konsep Dasar Perkerasan Lentur

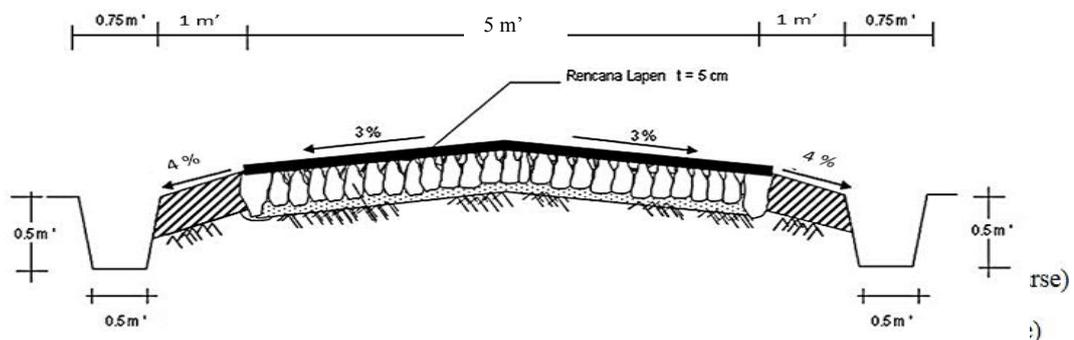
Perkerasan lentur atau *flexible pavement* adalah salah satu jenis perkerasan yang menjadikan aspal sebagai bahan pengikatnya, sifat lapisan perkerasannya menopang serta menyebarkan beban kendaraan yang melintas sampai ke tanah dasar. Perkerasan lentur umumnya digunakan pada lalu lintas ringan yang memiliki beban kecil sebab, beban kendaraan berat serta kondisi cuaca sangat berpengaruh pada strukturnya. (Sukirman S, 1995).

Perencanaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan menggunakan Metode Bina Marga dilakukan melalui beberapa urutan prioritas, sebelum merencanakan diperlukan nilai hasil dari urutan yang di prioritaskan, diantaranya: jenis kerusakan jalan, survey lalu lintas harian rata-rata, beban kumulatif sumbu kendaraan (*ESA4*), kelelahan pada lapisan aspal (*ESA5*), harga *CBR* dan daya dukung tanah dasar (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017).

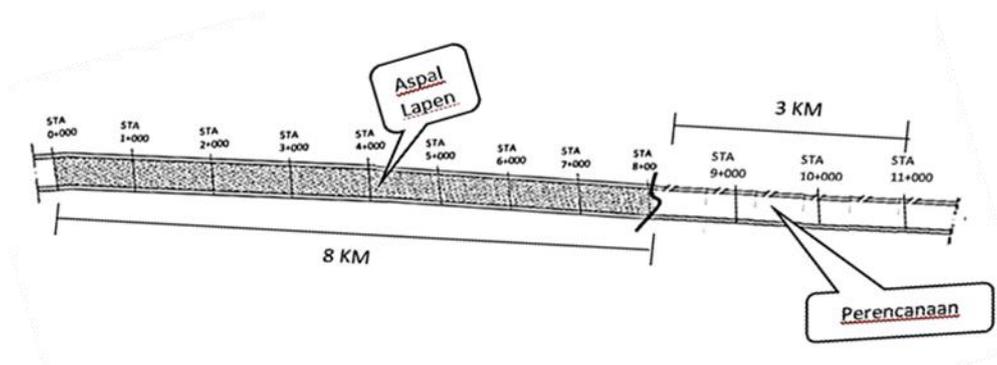
Menurut Sukirman S, (1995) Perkerasan Lentur (*flexible pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Pada konstruksi perkerasan lentur ini terdapat lapisan–lapisan yang bersifat menerima dan menyebarkan beban lalu lintas dari permukaan sampai ke tanah dasar. Seperti diperlihatkan pada gambar 2, dan 3 di bawah ini.



Gambar, 2, Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur.
Sumber: Sukirman S, (1995)



Gambar 3. Cross Section Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan raya.
Sumber : PT.Rayan Khairan Pratama, (2023)



Gambar 4. *Sreaking Out* Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya.
Sumber : PT.Rayan Khairan Pratama, (2023)

METODE PENELITIAN

a. Lokasi Penelitian:

Penelitian ini, dilakukan pada Ruas Jalan Desa Air Kalimat sampai Desa Wahe dengan Panjang total dari proyek peningkatan jalan ini adalah 11,00 km, yaitu pada Stasiun (STA 8 + 000 – STA 11 + 000). Dengan melakukan studi perencanaan dilokasi tersebut diharapkan kondisi jalan pada ruas tersebut dapat di fungsikan dengan baik oleh masyarakat setempat. (Gambar 5. Peta Lokasi Perencanaan).



Gambar 5. Peta Lokasi Perencanaan
Sumber : PT.Rayan Khairan Pratama, (2023)

b. Keadaan Geologi dan Mekanika Tanah:

Kondisi geologi tanah pada sekitar lokasi perencanaan, diperoleh dari hasil Data CBR tanah dasar pada Ruas Jalan Desa Air Kalimat - Wahe yang terdapat dalam pada STA 0 + 000 – STA 0+ 450 memiliki **CBR < 6 %** sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*Capping Layer*). Sedangkan pada STA 0 + 600 – STA 1 + 200 memiliki **CBR > 6 %** sehingga tidak perlu dilakukan perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*Capping Layer*).

c. Waktu Penelitian:

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2023 sampai dengan April 2023 pada Ruas Jalan Desa Air Kalimat sampai Desa Wahe Kecamatan Taliabu Utara Kabupaten Pulau Taliabu Provinsi Maluku Utara dengan Panjang total dari proyek peningkatan jalan adalah 11,00 km

d. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Menentukan Tebal Lapis Perkerasan Lentur pada Ruas Jalan Desa Air Kalimat sampai Desa Wahe Kecamatan Taliabu Utara Kabupaten Pulau Taliabu.
2. Menentukan Desain Struktur Perkerasan Lentur pada Ruas Jalan Desa Air Kalimat - Desa Wahe Kecamatan Taliabu Utara Kabupaten Pulau Taliabu.

e. Manfaat Penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan sebagai mutu pembelajaran atau Referensi dalam suatu Perencanaan Struktur Perkerasan Lentur.
2. Dapat menjadi sumber informasi untuk mengetahui perencanaan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2013 dan metode Manual Desain Perkerasan 2017.
3. Memberikan serta menambah wawasan kepada pembaca dalam Studi Perencanaan tebal lapis perkerasan jalan yang sesuai ketentuan dan aturan serta metode dalam perencanaan, Sehingga perencanaan jalan dapat sesuai standar kualitas dan kuantitas.

Analisa dan data Perhitungan:

1. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Parameter – parameter untuk perencanaan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan 2013 antara lain sebagai berikut:

1.1 Umur Rencana:

Sesuai pedoman perkerasan jalan Manual Desain nomor 02/M/BM/2013 untuk menetapkan umur rencana perkerasan baru di ambil dari hubungan antara jenis perkerasan dan elemen perkerasan (tabel 4). Dari ketentuan tersebut direncanakan umur rencana untuk perkerasan lentur selama 20 tahun.

Tabel, 4 Umur rencana perkerasan baru(UR)

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

Sumber: Manual Desain Perkerasan (2013)

1.2. Lalu Lintas

1.2.1 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data–data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka dapat menggunakan Tabel 5.

Tabel, 5 Perkiraan Faktor Pertumbuhan Lalu lintas(i)

	2011 –2020	> 2021 -2030
Arteri dan Perkotaan (%)	5	4
Kolektor Rural (%)	3,5	2,5
Jalan Desa (%)	1	1

Sumber:Manual Desain Perkerasan, (2013)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*)

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

Dengan

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

1.2.2. Perkiraan Faktor Ekvivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting. Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari :

- Studi jembatan timbang atau timbang statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain,
- Studi jembatan timbang yang telah pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain.

Tabel, 6. Nilai VDF Regional Maluku Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Bali, Nusa Tenggara, Maluku, Dan Papua			
	Beban Aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1	1	1	1
6A	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	3	4	2,5	3
7A1	-	-	-	-
7A2	4,9	9,7	3,9	6
7B1	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-
7C1	14	11,9	10,2	8
7C2A	-	-	-	-
7C2B	-	-	-	-
7C3	-	-	-	-

Sumber: Manual Desain Perkerasan (2013)

1.3. Traffic Multiplier (Lapisan Aspal)

Nilai TM kelelahan lapisan aspal (TMLapisan Aspal) untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 – 2,0 . Nilai ini berbeda – beda tergantung dari beban berlebih (overloaded) pada kendaraan niaga di dalam kelompok truk. Nilai CESA tertentu (pangkat 4) untuk perencanaan perkerasan lentur harus dikalikan dengan nilai Traffic Multiplier (TM) untuk mendapatkan nilai CESA5.

1.4. Beban Sumbu Standar Kumulatif (*CESA*)

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulatif Equivalent Singel Axle Load* (*CESAL*) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut :

- Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk 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. Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel 17 Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana (Spesifikasi Umum Bina, 2018).

Table 7. Faktor Distribusi Lajur

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; Direktorat Jenderal Bina Marga, (2013).

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulatif Equivalent Single Axle Load (CESA)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang ditentukan sebagai :

$$ESA = (\sum \text{Jenis Kendaraan LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi}) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

ESA : (*Equivalent Standard Axle*)

LHRT : *Lalu Lintas Harian Rata-Rata*

VDF : (*Vehicle Damage Faktor*) Faktor Ekivalen Beban

$$CESA4 = ESA \times 365 \times R \dots\dots\dots(3)$$

Dimana

CESA : *Cumulatif Equivalent Standard Axle*

R : Faktor Pengali Pertumbuhan lalu lintas Kumulatif

$$CESA5 = (TM \times CESA4) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana

CESA5 : *Cumulative Equivalent Standard Axle*,

TM : *Traffic Multiplier*.

- *CBR* dan Daya Dukung Tanah Dasar
Panjang rencana jalan harus dibagi dalam segmen – segmen yang seragam (homogen) yang mewakili pondasi jalan yang sama, Apabila data yang cukup valid tersedia (minimal 16 data pengujian per segmen yang dianggap seragam), rumus berikut dapat digunakan :
CBR Karakteristik = *CBR* rata - rata – 1,3 x Standar deviasi.....(5)
Data *CBR* dari segmen tersebut harus mempunyai koefisien variasi 25% - 30% (standar deviasi/nilai rata – rata).

- Desain Perkerasan
Desain dalam manual ini didasarkan pada nilai *CESA* pangkat 4 dan 5 yang sesuai. Oleh karena itu, sangat penting untuk menggunakan nilai *CESA* yang benar sebagai masukan dalam penggunaan desain.
✓ Pangkat 4 digunakan untuk bagan desain pelaburan tipis (Burda) dan perkerasan tanpa penutup,

- ✓ Pangkat 5 digunakan untuk perkerasan lentur,
- ✓ Desain perkerasan kaku membutuhkan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat dan bukan nilai *CESA*,
- ✓ Nilai TM dibutuhkan untuk desain dengan *CIRCLY*.

2. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 merupakan revisi terhadap Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 yang meliputi perubahan struktur penyajian untuk mempermudah pemahaman pengguna dan penambahan serta perbaikan kandungan manual. Metode ini disusun untuk mengakomodasi tantangan dan hambatan dalam kinerja aset jalan di Indonesia. Tujuan metode ini adalah untuk terlaksananya konstruksi jalan yang dapat memberikan pelayanan secara optimal terhadap lalu lintas sesuai dengan umur rencana.

Pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 terdapat dua bagian ketentuan teknis untuk pelaksanaan pekerjaan desain perkerasan jalan, yaitu: Bagian Pertama tentang Struktur Perkerasan Baru dan Bagian Kedua tentang Rehabilitasi Perkerasan. Dimana pada bagian-bagian tersebut dijelaskan ketentuan- ketentuan dan contoh penggunaan dalam pelaksanaan pekerjaan desain perkerasan jalan.

1. Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.

Pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dijelaskan tentang perencanaan tebal lapisan perkerasan lentur. Adapun langkah-langkah yang perlu dipenuhi dalam perencanaan tersebut adalah: Umur Rencana, Lalu Lintas, Pemilihan Struktur Perkerasan, Desain Fondasi Jalan, dan Desain Perkerasan.

1.1. Menentukan umur rencana (UR)

Menurut Sukirman S,(1995) umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural. Untuk menentukan umur rencana perkerasan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel, 8. Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

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

Sumber : MDP No. 02/M/BM/2017

1.2. Analisis Lalu Lintas

- Volume lalu lintas

Volume lalu lintas untuk penentuan LHR (lalu lintas harian rata-rata) didasarkan pada survei yang diperoleh dari :

- ✓ Survei lalu lintas dengan durasi minimal (7 x 24 jam) yang mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
 - ✓ Hasil-hasil survey lalu lintas sebelumnya.
- Penentuan volume lalu lintas dilakukan pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata-rata (LHR) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997).

1.3. Data lalu lintas

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang dapat bekerja dengan baik selama umur rencana. Oleh karena itu, perhitungan data lalu lintas harus meliputi semua jenis kendaraan lalu lintas. Adapun klasifikasi kendaraan lalu lintas berdasarkan jenisnya dijelaskan pada Tabel 9. Di bawah ini.

Tabel 9. Klasifikasi kendaraan berdasarkan jenisnya

Golongan	Jenis Kendaraan
1	Sepeda Motor
2,3,4	Mobil Pribadi / Angkot / Pickup / Station Wagon
5A	Bus Kecil
5B	Bus Besar
6A	Truk 2 sumbu – cargo ringan
6B	Truk 2 sumbu – cargo berat
7A	Truk 3 sumbu
7B	Truk 2 sumbu & trailer penarik 2 sumbu (Truk Gandeng)
7C	Truk 4 Sumbu - Trailer

Sumber: MDP Nomor: 02/M/BM/2017

1.4. Faktor pertumbuhan lalu lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan yang berlaku (*MDP No. 02/M/BM/2017*). Jika data tersebut tidak tersedia maka dapat menggunakan Tabel 10.

Tabel 10. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) (%)

Uraian	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: Manual Desain Perkerasan, (2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*)

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \dots\dots\dots(6)$$

Dengan

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

1.5. Beban Sumbu Standar Kumulatif (*CESA*)

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulatif Equivalent Singel Axle Load (CESAL)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut :

1.5.1. Perkiraan Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting. Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari :

- Studi jembatan timbang atau timbang statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain,
- Studi jembatan timbang yang telah pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain.

Tabel 11. Nilai VDF Regional Maluku Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Bali, Nusa Tenggara, Maluku, Dan Papua			
	Beban Aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1	1	1	1
6A	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	3	4	2,5	3
7A1	-	-	-	-
7A2	4,9	9,7	3,9	6
7B1	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-
7C1	14	11,9	10,2	8
7C2A	-	-	-	-
7C2B	-	-	-	-
7C3	-	-	-	-

Sumber: Manual Desain Perkerasan, (2017)

1.5.2. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk 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. 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. Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (*ESA*) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel, 12. Beban desain

pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana (Spesifikasi Umum Bina, 2018).

Table 12. Faktor Distribusi Lajur

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

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, (2017).

Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulatif Equivalent Single Axle Load (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang ditentukan sebagai :

$$CESA5 = (\Sigma LHRT \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

- CESA5* : (Equivalent Standard Axle)
- LHRT* : Lalu Lintas Harian Rata-Rata
- VDF* : (Vehicle Damage Factor) Faktor Ekuivalen Beban
- DD* : Faktor Distribusi Arah
- DL* : Faktor Distribusi Lajur
- R* : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

1.5.3. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan struktur perkerasan ditentukan oleh volume lalu lintas, umur rencana dan kondisi fondasi jalan. Dalam pemilihan ini pula perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Adapun pemilihan struktur perkerasan alternatif desain dalam metode ini akan ditunjukkan pada Tabel 13 di bawah ini.

Tabel 13. Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 TAHUN (JUTA)				
		0-0,5	0,1 - 4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas Berat	4A		1,2			
AC WC dengan CTB	3				2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3				2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3B			1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3A		1,2			
Burda atau Burtu dengan batuan asli	5	3	3			

Sumber: Manual Desain Perkerasan, (2017)

1.5.4. Desain Fondasi Jalan

Dalam mendesain fondasi jalan akan sangat bergantung pada daya dukung tanah dasar. Oleh sebab itu penentuan daya dukung tanah dasar secara akurat merupakan syarat penting untuk menghasilkan fondasi jalan yang baik sehingga dapat mendukung kinerja perkerasan dengan optimal.

Jika daya dukung tanah dasar kurang memadai maka diperlukan perbaikan tanah dasar, penambahan lapis penopang dan berbagai penanganan lain.

1.5.5. CBR desain tanah dasar

Metode distribusi normal standar merupakan salah satu perhitungan CBR karakteristik, jika tersedia cukup data yang valid (minimum 10 titik data uji per segmen yang seragam) rumus berikut ini dapat digunakan :

$CBR \text{ karakteristik} = CBR \text{ rata-rata} - f \times \text{deviasi standar} \dots (8)$

- $f = 1,645$ (*probabilitas 95%*), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan.
- $f = 1,282$ (*probabilitas 90%*), untuk jalan kolektor dan arteri.
- $f = 0,842$ (*probabilitas 80%*), untuk jalan lokal dan arteri.
- Coefisien Variasi (CV) maksimum dari data CBR adalah (25% - 30%).

1.5.6. Desain Perkerasan

Desain tebal perkerasan didasarkan pada nilai *ESA* pangkat 4 dan pangkat 5 tergantung pada model kerusakan (*deterioration model*) dan pendekatan desain yang digunakan. Gunakan nilai *ESA* yang sesuai sebagai input dalam proses perencanaan.

- Pangkat 4 digunakan pada desain perkerasan lentur berdasarkan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T- 01-2002-B.
- Pangkat 5 digunakan untuk desain perkerasan lentur (kaitannya dengan faktor kelelahan aspal beton dalam desain pendekatan Mekanistik Empiris) termasuk perencanaan tebal *overlay* berdasarkan grafik lengkung lendutan (*curvature curve*) untuk kriteria retak lelah (*fatigue*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengumpulan data, baik itu survey langsung dilapangan (data primer) maupun pengambilan data-data pada Instansi terkait (data sekunder) maka didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Data Lalu Lintas Harian Rata–Rata

Setelah dilakukan survey Lalu Lintas Harian Rata–rata (LHR) pembanding di Desa Air Kalimat–Wahe selama (7 x 24 jam) maka diperoleh data lalu lintas sebagai berikut :

Tabel 14. Data LHR

No	Golongan	Jenis Kendaraan	LHR (kend/Hari)
1	Golongan 1	Sepeda Motor	120
2	Golongan 2	Sedan/Jeep	12
3	Golongan 3	Minibus	5
4	Golongan 4	Pick-Up	4
5	Golongan 5a	Bus Kecil	0
6	Golongan 5b	Bus Besar	0
7	Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu	19
8	Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu	16
9	Golongan 7a	Truk 3 Sumbu	1
10	Golongan 7b	Truk Gandeng	0
Jumlah			177

Sumber : Data Survei LHR PT.Rayan Khairan Pratama (2023)

2. Data CBR

Data CBR diperoleh dari hasil pengujian tanah dasar dengan menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) pada jarak setiap 150 meter, di Ruas Jalan Desa Air Kalimat – Wahe, data - data CBR dapat dilihat dalam Tabel 15 di bawah ini..

Tabel 15. Data CBR Jalan Pada Ruas Jalan Desa Air Kalimat–Wahe

NO	STA	CBR Desain
1	0 + 000	3,05
2	0 + 150	3,95
3	0 + 308	3,80
4	0+ 450	4,86
5	0 + 600	13,31
6	0 + 850	43,26
7	1 + 200	15,58

Sumber : Data Pengujian Lapangan dan Perhitungan CBR,Tanah Dasar,
PT.Rayan Khairan Pratama Tahun 2023

Data CBR tanah dasar pada Ruas Jalan Desa Air Kalimat - Wahe yang terdapat dalam Tabel 15 pada STA 0 + 000 – STA 0+ 450 memiliki **CBR < 6 %** sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*Capping Layer*). Sedangkan pada STA 0 + 600 – STA 1 + 200 memiliki **CBR > 6 %** sehingga tidak perlu dilakukan perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*Capping Layer*).

A. Perhitungan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013

1. Menetapkan Umur Rencana (UR).

Sesuai pedoman perkerasan jalan Nomor 02/M/BM/2013 untuk menetapkan umur rencana perkerasan jalan baru diambil dari hubungan antara jenis perkerasan dan elemen perkerasan kemudian menentukan umur rencana.

Dari ketentuan tersebut maka diambil umur rencana untuk perkerasan lentur selama 20 tahun (lihat Tabel 8).

2. Menentukan nilai $CESA^4$ dan $CESA^5$

Sebelum menentukan nilai $CESA^4$ dan $CESA^5$, pertama-tama yang harus dilakukan adalah menetapkan nilai pertumbuhan lalu lintas (i) untuk mendapatkan faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R). kemudian menentukan nilai lalu lintas harian rencana, dan distribusi lajur (DL). Untuk menentukan nilai $CESA^4$ dan $CESA^5$ dilakukan langkah-langkah berikut:

a. Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas (i)

Dalam menentukan pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada tabel 5 yaitu 2,5.

b. Menentukan Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times i)^{UR} - 1}{0,01 \times i} = \frac{(1 + 0,01 \times 2,5)^{20} - 1}{0,01 \times 2,5} = 25,54$$

c. Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban atau VDF (*Vehicle Damage Factor*)

Nilai faktor ekuivalen beban di ambil sesuai daerah di Indonesia. lihat Ketentuan Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan yang ada pada tabel 11.

d. Tentukan nilai *Traffic Multiplier* (TM)

Nilai TM kelelahan aspal (TM lapisan aspal) untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 – 2,0. Pada perhitungan tebal perkerasan ini nilai TM yang dipilih 2,0

e. Menentukan faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah dalam setiap arah pada Ruas Jalan Desa Air Kalimat Sampai Ruas Jalan Desa Wahe berjumlah 2 lajur dengan nilai koefisien faktor distribusi lalu lintas sebesar 80 %. Nilai koefisien distribusi lajur dapat dilihat pada tabel 12.

f. Menentukan Beban Sumbu Standar Kumulatif /CESA

1) ESA^4 (*equivalen standard axle*) Pada tiap golongan kendaraan

Rumus :

$$ESA^4 = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times DL$$

Contoh perhitungan nilai ESA pada salah satu golongan kendaraan yang mewakili.

- Kendaraan Golongan 6 a

$$\begin{aligned} ESA^4_{\text{golongan 6a}} &= (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times DL \\ &= (19 \times 0,55) \times 0,8 \\ &= \mathbf{8,36} \end{aligned}$$

- Kendaraan Golongan 6 b

$$\begin{aligned} ESA^4_{\text{golongan 6b}} &= (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times DL \\ &= (16 \times 3) \times 0,8 \\ &= \mathbf{38,4} \end{aligned}$$

- Kendaraan Golongan 7a

$$\begin{aligned} ESA^4_{\text{golongan 7a}} &= (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times DL \\ &= (1 \times 0) \times 0,8 \\ &= \mathbf{0} \end{aligned}$$

- Nilai ESA pada Keseluruhan kendaraan

$$\begin{aligned} ESA^4 &= \text{Kendaraan GL. 6a} + \text{Kendaraan GL. 6b} + \text{Kendaraan GL. 7a} \\ &= 8,36 + 38,4 + 0 \\ &= \mathbf{46,76} \end{aligned}$$

2) $CESA^4$ (*Cumulatif Equivalent Standard Axle*)

$$CESA^4 = ESA^4 \times 365 \times R$$

Contoh perhitungan nilai CESA pada salah satu golongan kendaraan yang mewakili.

- Kendaraan Golongan 6 a

$$\begin{aligned} CESA^4_{\text{golongan 6a}} &= ESA^4 \times 365 \times R \\ &= 8,36 \times 365 \times 25,54 \\ &= \mathbf{77.932,756} \end{aligned}$$

- Kendaraan Golongan 6 b

$$\begin{aligned} CESA^4_{\text{golongan 6b}} &= ESA^4 \times 365 \times R \\ &= 38,4 \times 365 \times 25,54 \\ &= \mathbf{357.968,64} \end{aligned}$$

- Kendaraan Golongan 7a

$$\begin{aligned} CESA^4_{\text{golongan 7a}} &= ESA^4 \times 365 \times R \\ &= 0 \times 365 \times 25,54 \\ &= \mathbf{0} \end{aligned}$$

- Nilai ESA pada Keseluruhan kendaraan

$$\begin{aligned} CESA^4 &= \text{Kendaraan GL. 6a} + \text{Kendaraan GL. 6b} + \text{Kendaraan GL. 7a} \\ &= 77.932,756 + 357.968,64 + 0 \\ &= \mathbf{435.901,396} \end{aligned}$$

3) $CESA^5$ (*Cumulatif Equivalent Standard Axle*)

$$CESA^5 = CESA^4 \times TM \text{ (traffic Multiplier)}$$

Contoh perhitungan nilai CESA pada salah satu golongan kendaraan yang mewakili.

- Kendaraan Golongan 6 a

$$\begin{aligned} CESA^5_{\text{golongan 6a}} &= CESA^4 \times TM \text{ (traffic Multiplier)} \\ &= 77.932,756 \times 2,0 \\ &= \mathbf{155.865,512} \end{aligned}$$

- Kendaraan Golongan 6 b

$$CESA^5_{\text{golongan 6b}} = CESA^4 \times TM \text{ (traffic Multiplier)}$$

$$= 357.968,64 \times 2,0$$

$$= 715.937,28$$

- Kendaraan Golongan 7a

$$CESA^5_{\text{golongan 7a}} = CESA^4 \times TM \text{ (traffic Multiplier)}$$

$$= 0 \times 2,0$$

$$= 0$$

- Nilai ESA pada Keseluruhan kendaraan

$$CESA^5 = \text{Kendaraan GL. 6a} + \text{Kendaraan GL. 6b} + \text{Kendaraan GL. 7a}$$

$$= 155.865,512 + 715.937,28 + 0$$

$$= \mathbf{871.802,792}$$

3. Menentukan Jenis Perkerasan

Jenis struktur perkerasan didapatkan dari hubungan umur rencana perkerasan dengan *ESA 20* tahun (pangkat 4) yang kemudian akan menghasilkan struktur perkerasan sesuai ketentuan Pedoman Manual Desain Perkerasan Nomor 02/M/BM/2013. dapat ditentukan jenis Struktur Perkerasan untuk pemilihan Umur Rencana 20 tahun dengan nilai *CESA5* **871.802,792** seperti pada Table 16 berikut :

Tabel 16. Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 TAHUN (JUTA)				
		0-0,5	0,1 - 4	4-10	10-30	>30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas Berat	4			2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	4 A		1,2			
AC WC modifikasi atau SMA AC dengan CTB (pangkat 5)	3				2	
AC dengan CTB (pangkat 5)	3			2		
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3A			1,2		
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3		1,2			
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	Gambar 6	1	3			
Lapis Pondasi Soil Cement	6	1	1,2			
Perkerasan tanpa penutup	Gambar 6	1				

Sumber : Manual Desain Perkerasan No. 02/M/BM/2013

Nilai *CESA5* yang di peroleh berada diantara nilai 0,1- 4 juta, maka di pilih Tipe perkerasan *AC atau HRS* tipis diatas Lapisan Berbutir.

4. Desain Fondasi Jalan

Dari hasil penelitian *CBR* tanah dasar, *CBR* Desain yang telah di peroleh memiliki nilai yang berbeda pada setiap segmen. Untuk nilai *CBR* Desain $< 6\%$, dapat dilakukan perbaikan berdasarkan tabel 17 berikut ini:

Tabel 28. Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum

Tabel 17. Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur Desain Pondasi	Deskripsi Struktur Pondasi Jalan	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta ESA5)		
				< 2	2 - 4	> 4
				Tebal peningkatan dasar	minimum	tanah
> 6	SG6			Tidak perlu peningkatan		
5	SG5	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbuan pilihan (pemadatan berlapis < 200 mm tebal lepas)	-	-	100
4	SG4			100	150	200
3	SG3			150	200	300
2,5	SG2.5			175	250	350
Tanah ekspansif (potential swell > 5 %)				AE		400
Perkerasan lentur diatas tanah lunak	SG1 aluvial	B	Lapis penopang (capping layer)	1000	1100	1200
			atau lapis penopang dan georigid	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500

Sumber: Manual Desain Perkerasan No. 02/M/BM/2013

5. Desain Tebal Perkerasan

Dari hasil perhitungan Nilai *CESA5* diperoleh sebesar 871.802,792 *ESAL*, tebal lapis perkerasannya dapat dilihat pada tabel 18 berikut ini

Tabel 18. Bagan Desain – 3. Desain Perkerasan Lentur Dengan HRS

	Struktur perkerasan							
	F1 Lihat	F2 bagan desain 5 dan 6	F3	F4	F5	F6	F7	F8 untuk alternatif lebih murah ³
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun trkoreksi dilajur desain (pangkat 5) (106 CESA5)	< 0,5	0,5-2,0	2,0-4,0	4,0-30	30-50	50-100	100-200	200-500
enis permukaan erpengikat	HRS,SS, atau Penmc	HRS (6)		ACc atau ACf			ACc	
Jenis lapis pondasi dan lapis pondasi bawah	Lapis pondasi berbutir A Ke			Cement Treated base (CTB) (= Cement Treated Base A)				
<i>Ketebalan Lapis Perkerasan (mm)</i>								
Lapis beraspal	HRS WC	30	30	30				
	HRS base	35	35	35				
	AC WC				40	40	40	50
	AC BC ⁵				135	155	185	220
								50
CTB atau LPA kelas A	CTB ⁴ LPA kelas A	50	250	250	150	150	150	150
LPA kelas A, LPA kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10%		150	125	125				

Sumber: Manual Desain Perkerasan No. 02/M/BM/2013

Dari bagan desain pada tabel 18, untuk nilai CESA tersebut diperoleh tebal perkerasan HRS dengan nilai ketebalan sebagai berikut :

- HRS WC = 30 mm
- HRS Base = 35 mm
- LFA Kelas A = 250 mm
- LFA Kelas A/B/ distabilisasi CBR >10 = 125 mm

B. Perhitungan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017

1. Menetapkan Umur Rencana

Sesuai pedoman perkerasan jalan Nomor 04/SE/Db/2017 untuk menetapkan umur rencana perkerasan jalan diambil dari hubungan antara jenis perkerasan

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times i)^{UR} - 1}{0,01 \times i} = \frac{(1 + 0,01 \times 3,50)^{20} - 1}{0,01 \times 3,50} = 28,27$$

dan elemen perkerasan kemudian menentukan umur rencana. Dari ketentuan tersebut maka diambil umur rencana untuk perkerasan lentur selama 20 tahun seperti pada tabel 19 berikut :

2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Tabel 19 dapat digunakan (2021 – 2041).

Tabel 19. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Uraian	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 : Manual Desain Perkerasan No.04/SE/Db/2017

3. Faktor Distribusi Lajur (DL)

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel 20.

Tabel 20. Faktor Distribusi Lajur

Jumlah Lajur Per Arah	Faktor Distribusi Lalulintas (%)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db2017

4. Faktor Distribusi Arah (DD)

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,80

5. Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban atau VDF (*Vehicle Damage Factor*)

Nilai faktor ekuivalen beban di ambil sesuai daerah di Indonesia. lihat Ketentuan Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan yang ada pada tabel 11.

6. Beban Sumbu setandar Lalu Lintas kumulatif

Beban sumbu standar Lalu Lintas kumulatif merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut :

$$CESA5 = (\sum LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Dimana

- ESA : Kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen.(equivalent standard axle) pada tahun pertama
- LHRJK : Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan perhari)
- VDFJk : Faktor ekuivalen beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga
- DD : Faktor distribusi arah
- DL : Faktor distribusi lajur
- R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

Perhitungan Nilai *CESA 5*

Untuk Nilai *CESA5* ditentukan dengan Rumus :

$$CESA5 = LHR \times VDF5 \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Contoh perhitungan nilai CESA pada salah satu golongan kendaraan yang mewakili.

- Nilai CESA Kendaraan Golongan 6a
 $= \text{LHR} \times \text{VDF} \times \text{DL} \times 365 \times \text{DD} \times \text{R}$
 $= 19 \times 0,5 \times 0,80 \times 365 \times 0,80 \times 28,27$
 $= \mathbf{62.736,784}$
 - Nilai CESA Kendaraan Golongan 6b
 $= \text{LHR} \times \text{VDF} \times \text{DL} \times 365 \times \text{DD} \times \text{R}$
 $= 16 \times 4 \times 0,80 \times 365 \times 0,80 \times 28,27$
 $= \mathbf{422.647,808}$
 - Nilai CESA Kendaraan Golongan 7a
 $= \text{LHR} \times \text{VDF} \times \text{DL} \times 365 \times \text{DD} \times \text{R}$
 $= 1 \times 0 \times 0,80 \times 365 \times 0,80 \times 28,27$
 $= \mathbf{0}$
 - Nilai CESA5 Pada Keseluruhan Kendaraan
 $= \text{kendaraan Gl. 6a} + \text{kendaraan Gl. 6b} + \text{kendaraan Gl. 7a}$
 $= 62.736,784 + 422.647,808 + 0$
 $= \mathbf{485.384,592}$
- Jadi nilai CESA5 adalah **485.384,592**

Tabel 21. Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan CBR > 2,5 %)	4	-	-	2	2	2
perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal > 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan Lpa kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
perkerasan tanpa penutup (Japat, Jalan Krikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber : Manual Desain Perkerasan Nomor. 04/SE/Db/2017

Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh nilai *ESA* 20 tahun sebesar **485.384,592**. maka nilai *ESA* berada diantara **0-0,5 dan 0,1-4 juta**. Karena dalam penelitian ini adalah perencanaan perkerasan lentur, maka dipilih tipe perkerasan *AC* atau *HRS* tipis diatas lapis pondasi berbutir.

7. Desain Pondasi Jalan

Dari hasil penelitian *CBR* tanah dasar, *CBR Desain* yang telah di peroleh memiliki nilai yang berbeda pada setiap segmen. Untuk nilai *CBR Desain* < 6%, dapat dilakukan perbaikan berdasarkan Tabel 22 berikut ini:

Tabel, 22. Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur Desain Pondasi	Deskripsi Struktur Pondasi Jalan	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta ESA5)		
				< 2	2 - 4	> 4
				Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
> 6	SG6			Tidak perlu peningkatan		
5	SG5	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbuan pilihan (pemadatan berlapis < 200 mm tebal lepas)	-	-	100
4	SG4			100	150	200
3	SG3			150	200	300
2,5	SG2.5			175	250	350
Tanah ekspansif (potential swell > 5 %)		AE		400	500	600
Perkerasan lentur diatas tanah lunak	SG1 aluvial		Lapis penopang (capping layer)	1000	1100	1200
		B	atau lapis penopang dan georigid	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500

Sumber: Manual Desain Perkerasan Nomor 04/SE/Db/2017

8. Tebal Perkerasan

Nilai CESA5 yang diperoleh sebesar 485.384,592 ESAL, untuk tebal perkerasannya dapat dilihat pada tabel 23 dan 24 berikut ini:

Tabel, 23. Bagan Desain – 3B. Desain Perkerasan Lentur–Aspal Dengan Lapis Fondasi Berbutir

Struktur Perkerasan									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih	Solusi yang dipilih				Lihat catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	< 2	>2-4	>4-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100	100-200
	Ketebalan lapisan perkerasan (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	1	2	2	3	3	3	3	3

Sumber: Manual Desain Perkerasan Nomor.04/SE/Db/2017

Tabel 24. Bagan Desain – 3A. Desain Perkerasan Lentur Dengan HRS

Kumulatif beban Sumbu 20 Tahun pada lajur Rencana	FF1 > 0,5	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
Jenis Permukaan	HRS atau Penerasi Makadam	HRS
<i>Struktur Perkerasan</i>	Tebal Lapisan (mm)	
<i>HRS WC</i>	50	30
<i>HRS Base</i>	-	35
<i>LPA Kelas A</i>	150	250
LPA Kelas A atau LPA Kelas B atau Kerikil alam atau lapisan distabilisasi dengan $CBR > 10\%$	150	125

Sumber: Manual Desain Perkerasan Nomor.04/SE/Db/2017

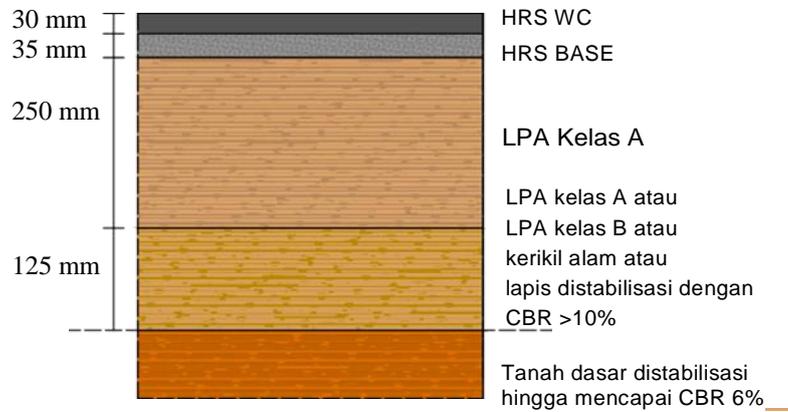
Dari bagan desain diatas, untuk nilai CESA tersebut diperoleh tebal perkerasan sebagai berikut :

- Untuk Perkerasan AC
 - AC WC = 40 mm
 - AC BC = 60 mm
 - AC Base = 0
 - LPA kelas A = 400 mm
- Untuk perkerasan HRS
 - HRS WC = 50 mm
 - HRS Base = -
 - LPA Kelas A = 150 mm
 - LPA Kelas A/B/ distabilisasi $CBR > 10$ = 150 mm

C. Desain Tebal Lapis Perkerasan menggunakan Metode Manual Desain 2013 dan Manual Desain 2017.

Untuk desain tebal lapis perkerasan sesuai hasil perhitungan kedua Metode yaitu Metode Manual Desain Perkerasan Lentur 2013 dan Metode Manual Desain Perkerasan Lentur 2017 di dapatkan Hasil Desain Sebagai berikut :

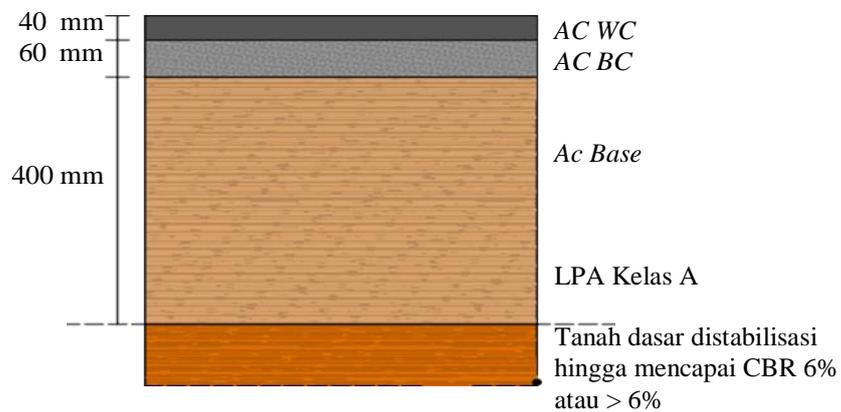
1. Hasil Manual Desain Perkerasan Lentur 2013



Gambar, 6. Tebal Perkerasan Berdasarkan MDP 2013

2. Hasil Manual Desain Perkerasan Lentur 2017

a. Tipe Perkerasan AC



Gambar, 7.. Tebal Perkerasan Berdasarkan MDP 2017

b. Tipe perkerasan HRS

- HRS WC* = 50 mm
- LPA Kelas A = 150 mm
- LPA Kelas A/B/distabilisasi *CBR* >10



Gambar, 8. Tebal Perkerasan Berdasarkan MDP 2017

KESIMPULAN

Desain tebal Perkerasan yang di tentukan dari hasil perhitungan kedua Metode tersebut di dapatkan Desain Tipe perkerasan AC atau HRS tipis diatas Lapisan Berbutir sebagaimana dapat dilihat pada Gambar Desain yang ada. Pada Desain tebal Perkerasan kedua Metode tersebut di dapatkan desain tipe perkerasan yang berbeda. Untuk manual desain 2013 didapatkan tipe perkerasan HRS tipis diatas Lapisan Berbutir dan tidak memiliki tipe perkerasan AC. Sedangkan pada manual desain perkerasan 2017 didapatkan tipe perkerasan HRS tipis diatas Lapisan Berbutir dan tipe perkerasan AC.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS, (2021), Kabupaten Taliabu dalam Angka
Data Pengujian Lapangan dan Perhitungan CBR, Tanah Dasar, PT.Rayan Khairan Pratama, (2023).
Data Survei Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR), PT.Rayan Khairan Pratama (2023).
Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017, Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/ SE/ Db/ 2017. Jakarta.
Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Binamarga, Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor.02/M/BM/2013. Jakarta.
Mantiri, C, *et al.* (2019). Analisis Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode M.DP. Jurnal Sipil Statik Vol. 7 No, 10.
Sukirman S,(1995) Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova-Bandung.
Mardianus, (2013). Analisis Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode M DP 2017.
Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Nomor: 038/TBM/1997
Undang-Undang Nomor: 38 Tahun 2004 Tentang Jalan
Undang-Undang Nomor: 22 Tahun 2009 Tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan