

TESIS

**PERBANDINGAN PERANCANGAN TEBAL
PERKERASAN LENTUR ANTARA ANALISA
KOMPONEN DENGAN *SOFTWARE* DESAIN
PERKERASAN JALAN VERSI 2.0**

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)



Oleh :

BOEDI WINARNO

NIM : 20202100059

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**PERBANDINGAN PERANCANGAN TEBAL PERKERASAN
LENTUR ANTARA ANALISA KOMPONEN DENGAN
SOFTWARE DESAIN PERKERASAN JALAN VERSI 2.0**

Disusun oleh :

BOEDI WINARNO

NIM : 20202100059

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

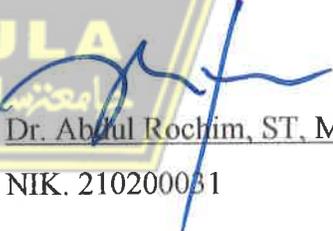
Tanggal, 27/11/2023

Tanggal, 27/11/2023

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D


Dr. Abdul Rochim, ST, MT

NIK. 210293018

NIK. 210200031

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**PERBANDINGAN PERANCANGAN TEBAL PERKERASAN
LENTUR ANTARA ANALISA KOMPONEN DENGAN
SOFTWARE DESAIN PERKERASAN JALAN VERSI 2.0**

Disusun oleh :

BOEDI WINARNO

NIM : 20202100059

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :
1 Desember 2023

Tim Penguji:

1. Ketua


(Dr. Abdul Rochim, ST, MT)

2. Anggota


(Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D)

3. Anggota


(Ir. M. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D)

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)

Semarang, 5 Desember 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi


Prof. Dr. Ir. Antonius, MT

NIK. 210202033

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Abdul Rochim, ST, MT

NIK. 210200031

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ
وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِنْهُمُ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ
الْفَاسِقُونَ

”Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf dan mencegah dari yang mungkar dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.”

(Q.S Ali 'Imran : 110)

وَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ وَكَفَى بِاللَّهِ وَكِيلًا

"Dan bertawakkallah kepada Allah. Dan cukuplah Allah sebagai Pemelihara."

(Q.S Al-Ahzab: 3)

“Studying knowledge is taqwa. Conveying knowledge is worship. Repeating knowledge is remembrance. Searching for knowledge is jihad.”

(Imam Al-Ghazali)

Menuntut ilmu adalah taqwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad.

(Imam Al-Ghazali)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat kucintai dan kusayangi yang ikut serta andil dalam penyelesaian Tesis ini yaitu :

1. Ibunda Sujiyah (Almh) dan Ayahanda Suwardjo (Alm) tercinta, sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terimakasih yang tiada terhingga.
2. Istriku tercinta Tri Sujannah, S.Pd. dan anak-anaku Wildan Winjahardra, Nur Azmi Adinata, Alya Jazilah Andina, menjadikan semangat olehku dalam menyelesaikan Tesis ini, menjadi hadiah untuk kalian dan menjadikan pengingat lebih semangat dalam menuntut ilmu.
3. Direktur Utama PT. Bumi Persada *Engineering Consultans* yang telah mendukung dalam kuliah S2 dari awal sampai akhir.
4. Bapak Ir. Widya Antariksa, PT. Bintang Inti Rekatama (KSO) PT. Gracia Papua Konsultan, telah membantu pengambilan data penelitian.
5. Kawan-kawan sekantor yang telah memberikan semangat, sehingga terselesainya kuliah dan Tesis ini.

Atas Rahmat Allah Swt., tugas Tesis ini terselesaikan dengan lancar, tanpa ridha_Nya tak akan pernah segala urusan yang menjadikan harapan. Rasa syukur bagi_Nya yang Maha pengasih dan lagi Maha penyayang. Puji bagi_Nya yang senantiasa memberikan segala kenikmatan, tercipta atas kehendak dan milik_Mu. Segala pencapaian, kenikmatan atas keihlasan_Mu dan dariku untuk_Mu, Alhamdulillah Robbil Alamiin.

ABSTRAK

Perencanaan ketebalan perkerasan merupakan bagian penting dari perencanaan konstruksi jalan. Ada beberapa metode perencanaan ketebalan perkerasan, penelitian ini menggunakan Analisa Komponen dan *Software* Desain Perkerasan Jalan versi 2 (SDPJ2). Tujuan penelitian membandingkan analisis perkerasan lentur antara kedua metode tersebut. Penelitian ini dengan dengan mengumpulkan data primer dan sekunder yang digunakan dalam analisisnya. Data dalam analisis yang terdiri dari data LHR, CBR yang merupakan data primer yang didapat dari pengambilan langsung dari lapangan. Data sekunder yang terdiri umur rencana, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, pertumbuhan lalu lintas, ekuivalen ke sumbu standar yang didapat dari literatur resmi dari pedoman perencanaan, buku dan jurnal yang telah dipublikasikan. Analisa Komponen dalam analisis menggunakan persamaan logaritma dan SDPJ2 menggunakan aplikasi sebagai alat bantu perhitungan. Hasil tebal perkerasan lentur dengan Metode Analisa Komponen lebih tebal 4 cm dibandingkan dengan Metode SDPJ2 pada *layer* lapis pondasi bawah (Aggregat Klas B) . Berdasarkan hasil perhitungan biaya Metode Analisa Komponen sebesar Rp 44.882.570,00 dan Metode *Software* Desain Perkerasan 2 sebesar Rp 41.842.874.700,00.

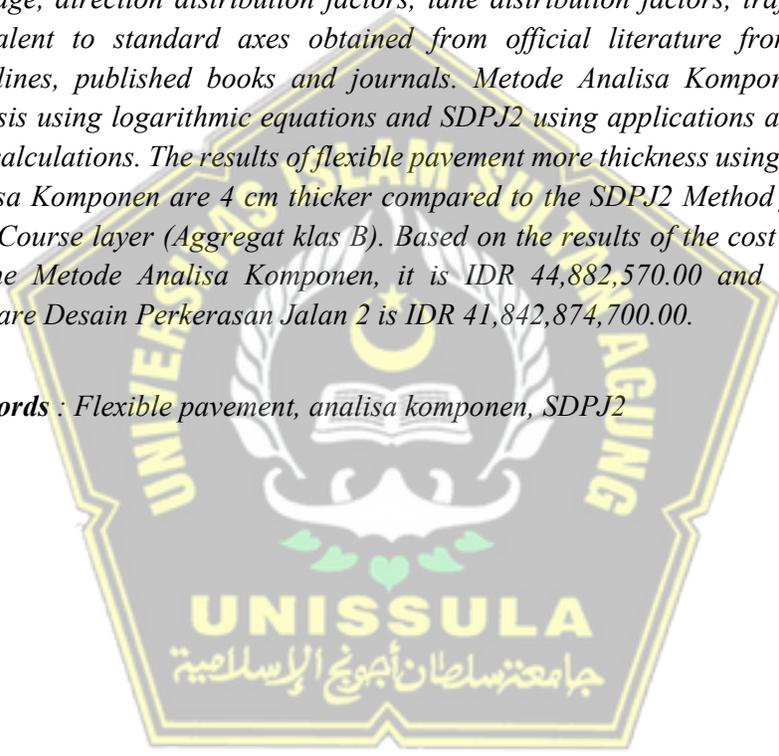
Kata kunci : Perkerasan lentur, analisa komponen, SDPJ 2



ABSTRACT

Pavement thickness planning is an important part of road construction planning. There are several methods for planning pavement thickness, this research uses the Metode Analisa Komponen and Software Desain Perkerasan Jalan 2 (SDPJ2). The aim of the research is to compare flexible pavement analysis between the two methods. This research collects primary and secondary data used in the analysis. The data in the analysis consists of LHR, CBR data which are primary data obtained from direct collection from the field. Secondary data consisting of plan age, direction distribution factors, lane distribution factors, traffic growth, equivalent to standard axes obtained from official literature from planning guidelines, published books and journals. Metode Analisa Komponen in the analysis using logarithmic equations and SDPJ2 using applications as tools help with calculations. The results of flexible pavement more thickness using the Metode Analisa Komponen are 4 cm thicker compared to the SDPJ2 Method for the Sub Base Course layer (Aggregat klas B). Based on the results of the cost calculation for the Metode Analisa Komponen, it is IDR 44,882,570.00 and the Metode Software Desain Perkerasan Jalan 2 is IDR 41,842,874,700.00.

Keywords : *Flexible pavement, analisa komponen, SDPJ2*



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : BOEDI WINARNO, ST.

NIM : 20202100059

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

**PERBANDINGAN PERANCANGAN TEBAL PERKERASAN
LENTUR ANTARA ANALISA KOMPONEN DENGAN *SOFTWARE*
DESAIN PERKERASAN JALAN VERSI 2
(Studi Kasus Jalan Iwur – Waropko Kabupaten Boven Digoel Provinsi
Papua)**

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 16 November 2023



Boedi Winarno

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Hidayah, Inayah dan Rahmat-Nyalimpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tesis ini dapat terselesaikan. Tak lupa juga kami panjatkan shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'alayhi wa sallam, keluarga, para sahabat dan seluruh ummatnya yang setia hingga akhir zaman..

Tesis ini merupakan persyaratan untuk mencapai jenjang pendidikan Magister Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung di Semarang. Judul yang dibahas adalah **“PERBANDINGAN PERANCANGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR ANTARA ANALISA KOMPONEN DENGAN SOFTWARE DESAIN PERKERASAN JALAN VERSI 2 (Studi Kasus Jalan Iwur – Waropko Kabupaten Boven Digoel Provinsi Papua)”**.

Penyelesaian Tesis ini, Penulis menyadari tidak lepas dari dukungan, bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada beberapa pihak diantaranya :

1. Prof. Dr. Ir. Antonius, MT selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung.
2. Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Program Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung, sekaligus sebagai dosen Pembimbing I, yang meluangkan banyak waktu untuk memeriksa, mengoreksi, mengarahkan serta membimbing dengan penuh kesabaran dalam penyusunan Tesis ini.
3. Dr. Abdul Rochim, ST, MT selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memeriksa, mengoreksi, mengarahkan serta membimbing dengan penuh kesabaran dalam penyusunan Tesis ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu selama studi di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Semua pihak yang ikut andil membantu kelancaran pada penelitian ini, yang tidak dapat penulis cantumkan satu persatu.

Semoga bantuan dan pengorbanan yang telah diberikan pada penyusun dapat dicatat sebagai amal kebajikan sehingga mendapat imbalan pahala dari Allah SWT. Akhir kata Penulis berharap semoga penulisan penelitian ini dapat bermanfaat. Atas bantuan dan pengorbanan yang diberikan kepada penulis semoga menjadi amal shaleh agar mendapat pahala dari Allah SWT. Semoga penelitian ini bisa memberikan manfaat bagi semua pembaca.

Semarang, November 2023

Boedi Winarno



DAFTAR ISI

JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	ii
<i>MOTTO</i>	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Rumusan Masalah.....	3
1. 3. Batasan Masalah	3
1. 4. Tujuan Penelitian.....	3
1. 5. Lokasi Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Definisi Jalan.....	5
2.2. Klasifikasi Jalan.....	7
2.2.1. Peruntukan Jalan	7
2.2.2. Sistem Jaringan Jalan (SJJ).....	8
2.2.3. Kelas Jalan	8
2.2.4. Fungsi Jalan	9
2.2.5. Klasifikasi Jalan Yang Terdiri dari Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan (SPPJ).....	10
2.3. Perkerasan Jalan.....	10
2.3.1. Perkerasan Lentur / <i>Flexible Pavement</i>	11
2.3.2. Perkerasan Kaku / <i>Rigid Pavement</i>	12
2.3.3. Perkerasan Komposit / <i>Composite Pavement</i>	13

2.3.4.	Perkerasan Paving Blok / <i>Concrete Block Paving</i>	14
2.4.	Jenis Struktur Perkerasan Lentur	14
2.4.1.	Tanah Dasar (<i>Sub Grade</i>)	15
2.4.2.	Lapis Fondasi Bawah (LFB).....	15
2.4.3.	Lapis Fondasi Atas (LFA)	16
2.4.4.	Lapis Perkerasan Permukaan	17
2.5.	Desain Struktur Perkerasan Jalan.....	20
2.5.1.	Beban Lalu Lintas	21
2.5.1.1	Konfigurasi Sumbu dan Roda Kendaraan	21
2.5.1.2	Beban Roda Kendaraan	22
2.5.1.3	Beban sumbu.....	22
2.5.1.4	Volume Lalu Lintas	23
2.5.1.5	Repetisi Beban Lalu Lintas	24
2.5.1.6	Beban Lalu Lintas Pada Lajur Rencana.....	24
2.5.2.	Kondisi Bawah Permukaan / Daya Dukung Tanah	25
2.5.3.	Fungsi Jalan	28
2.5.4.	Kondisi Lingkungan	28
2.5.5.	Kinerja Perkerasan.....	29
2.5.6.	Masa Pelayanan atau Umur Rencana.....	30
2.6.	Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen.....	31
2.6.1.	Lalu Lintas Pada Lajur Rencana.....	31
2.6.2.	Faktor Distribusi Arah dan Lajur.....	32
2.6.3.	Daya Dukung Tanah	33
2.6.4.	<i>Reliabilitas (R)</i>	34
2.6.5.	Standar <i>Devisi (So)</i>	34
2.6.6.	Indek Permukaan Awal (IP0) dan Akhir Desain (IPt).....	35
2.6.7.	Koefisien Kekuatan Bahan	35
2.6.8.	Tebal Minimum Perkerasan Lentur	36
2.6.9.	Rumus Dasar Metode Analisa Komponen.....	37
2.6.10.	Indek Tebal Perkerasan.....	37
2.7.	Perancangan Tebal Perkerasan Lentur dengan <i>Software</i> Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0	38
2.7.1.	Umur Rencana	39
2.7.2.	Tipe Jalan.....	39
2.7.3.	Faktor Distribusi Arah	41
2.7.4.	LHR/Lalu-lintas Harian Rata-rata Tahun Pertama	41

2.7.5. VDF (<i>Vehicle Damage Factor</i>)	42
2.7.6. Laju Pertumbuhan Lalu Lintas	44
2.7.7. Kapasitas Jalan.....	46
2.7.8. Beban Rencana	46
2.7.9. CBR (<i>California Bearing Ratio</i>) Minimum.....	47
2.7.10. Desain Fondasi.....	48
2.7.11. Segmentasi	48
2.7.12. Hasil Analisis	49
2.8. Penelitian Terdahulu	50
BAB III METODE PENELITIAN	58
3.1. Bentuk Penelitian	58
3.2. Tahapan Penelitian.....	58
3.3. Metode Pengumpulan Data.....	60
3.4. Variabel Penelitian.....	60
3.5. Metode Pengolahan Data	61
3.6. Metode Analisis Data.....	61
3.6.1. Metoda Analisa Komponen	63
3.6.2. Metoda <i>Software</i> Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0	67
3.7. Bagan Alir Perancangan	70
3.7.1. Bagan Alir Metode Analisa Komponen.....	72
3.7.2. Bagan Alir Metode <i>Software</i> Desain Perkerasan Jalan 2	72
3.8. Analisa Biaya	73
BAB IV PEMBAHASAN.....	75
4.1. Analisis Tebal Perkerasan.....	75
4.2. Perancangan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Analisa Komponen.....	81
4.2.1 Menghitung Lalu Lintas Rencana.....	81
4.2.2 Menghitung Daya Dukung Tanah.....	84
4.2.3 Menentukan Reliabilitas	90
4.2.4 Menentukan Indek Permukaan Awal (IP0) dan Akhir Desain (IPt)	92
4.2.5 Koefisien Kekuatan Bahan	93
4.2.6 Perhitungan Numerik Metode Analisa Komponen.....	96
4.3. Perancangan Tebal Perkerasan Lentur dengan <i>Software</i> Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0	105
4.3.1 Desain Perkerasan Jalan Baru.....	105

4.3.2	Analisis Beban Lalu Lintas Jalan Baru.....	106
4.3.3	Desain Fondasi.....	112
4.3.4	Desain Perkerasan.....	115
4.4.	Analisa Biaya.....	118
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		121
5.1.	Kesimpulan	121
5.2.	Saran	122
DAFTAR PUSTAKA		123
LAMPIRAN		126



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Distribusi Beban Gandar untuk Berbagai Jenis Kendaraan	23
Tabel 2. 2 Faktor DD (Distribusi Lajur)	32
Tabel 2. 3 Faktor Distribusi Lajur (DL).....	33
Tabel 2. 4 Reliabilitas untuk Berbagai-macam Klasifikasi Jalan.....	34
Tabel 2. 5 Tebal Minimum Perkerasan Lentur Lapis Permukaan Jalan	36
Tabel 2. 6 Umur Rencana Perkerasan Baru	39
Tabel 2. 7 VDF Kendaraan Niaga.....	43
Tabel 2. 8 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas	44
Tabel 2. 9 CBR Tanah Dasar dengan CBR < 6%	48
Tabel 2. 10 Rekapitulasi Penelitian – Penelitian Terdahulu	51
Tabel 3. 1 Input Analisis Perkerasan Lentur.....	62
Tabel 4. 1 Data Lalu Lintas.....	75
Tabel 4. 2 CBR Ruas Jalan Iwur Waropko.....	76
Tabel 4. 3 Angka Ekuivalen Kendaraan	80
Tabel 4. 4 Faktor Distribusi Lajur.....	80
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Beban Gandar Standar Kumulatif.....	82
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Rencana Beban Gandar <i>Standard</i> Kumulatif.....	83
Tabel 4. 7 Koefisien Perhitungan CBR segmen	86
Tabel 4. 8 Perhitungan Grafis CBR Segmen 1	86
Tabel 4. 9 Perhitungan Grafis CBR Segmen 2	88
Tabel 4. 10 Perhitungan Grafis CBR Segmen 3	89
Tabel 4. 11 Rekomendasi Reliabilitas.....	91
Tabel 4. 12 Nilai Penyimpangan Normal (<i>Standard Normal Deviate</i>).....	92
Tabel 4. 13 Indek Permukaan Akhir Umur Rencana	92
Tabel 4. 14 Indek Permukaan Awal.....	93
Tabel 4. 15 Hasil Perkerasan Analisa Komponen dengan CBR 6,42%.....	100
Tabel 4. 16 Hasil Perkerasan Analisa Komponen dengan CBR 15,83%.....	102
Tabel 4. 17 Hasil Perkerasan Analisa Komponen dengan CBR 9,08%.....	105
Tabel 4. 18 Analisa Biaya dengan Metode Analisa Komponen	119

Tabel 4. 19 Analisa Biaya dengan Metode *Software* Desain Perkerasan
Jalan Versi 2.0 119



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Studi Penelitian	4
Gambar 2. 1 Beban Roda yang Didistribusikan ke Lapisan Bawahnya	11
Gambar 2. 2 Struktur Perkerasan Kaku.....	13
Gambar 2. 3 Konstruksi Perkerasan Komposit	14
Gambar 2. 4 Perkerasan Paving Blok / <i>Concrete Block Paving</i>	14
Gambar 2. 5 Pengamatan Satu Titik pada Lapisan Tanah	26
Gambar 2. 6 Ilustrasi Pengambilan CBR Segmen Ruas Jalan	27
Gambar 2. 7 Aliran Air di Sekitar Struktur Perkerasan Jalan	29
Gambar 2. 8 Skala Nilai IP Sesuai AASHTO.....	30
Gambar 2. 9 Penentuan Tipe Jalan.....	41
Gambar 2. 10 Pemilihan VDF Suplemen MDP 2017.....	43
Gambar 2. 11 Pemilihan VDF Mandiri.....	44
Gambar 2. 12 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas Konstan.....	45
Gambar 2. 13 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas Berubah	45
Gambar 2. 14 Kapasitas Jalan	46
Gambar 2. 15 Beban Rencana.....	47
Gambar 2. 16 Desain Fondasi	48
Gambar 2. 17 Segmentasi CBR	49
Gambar 2. 18 Hasil <i>Output</i> Perkerasan.....	50
Gambar 3. 1 Alur Metodologi Analisis Desain Perkerasan Lentur	71
Gambar 3. 2 Bagan Alir Metode Analisa Komponen.....	72
Gambar 3. 3 Bagan Alir Analisis Perkerasan dengan SDPJ2	73
Gambar 4. 1 Grafik Segmentasi CBR.....	85
Gambar 4. 2 Perhitungan CBR Persentil Segmen 1.....	88
Gambar 4. 3 Perhitungan CBR Persentil Segmen 2.....	89
Gambar 4. 4 Perhitungan CBR Persentil Segmen 3.....	90
Gambar 4. 5 Grafik Kekuatan Relatif Aspal.....	94
Gambar 4. 6 Grafik Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Kelas A.....	95
Gambar 4. 7 Grafik Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Kelas B.....	96
Gambar 4. 8 Menu Utama Software Desain Perkerasan Versi 2.0	105

Gambar 4. 9 Menu Perkerasan Jalan Baru.....	106
Gambar 4. 10 Pengisian Lokasi Analisis	107
Gambar 4. 11 Umur Rencana.....	108
Gambar 4. 12 Pemilihan Tipe Jalan	108
Gambar 4. 13 Faktor Distribusi Arah.....	109
Gambar 4. 14 LHR Tahun Pertama	109
Gambar 4. 15 Faktor Ekuivalen Beban	110
Gambar 4. 16 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas	111
Gambar 4. 17 Kapasitas Jalan	111
Gambar 4. 18 Beban Rencana Lalu Lintas.....	112
Gambar 4. 19 Desain Fondasi	112
Gambar 4. 20 Grafik CBR Titik.....	113
Gambar 4. 21 Keseragaman Linier	113
Gambar 4. 22 Grafik CBR Segmen	114
Gambar 4. 23 Grafik CBR Segmen 1	114
Gambar 4. 24 Grafik CBR Segmen 2	114
Gambar 4. 25 CBR Segmen 3	115
Gambar 4. 26 Hasil CBR Wakil dan Tanpa Perbaikan Pondasi	115
Gambar 4. 27 Menu Desain Perkerasan Lentur	116
Gambar 4. 28 Review Lokasi dan Beban Rencana	116
Gambar 4. 29 Data Harga Satuan.....	117
Gambar 4. 30 Hasil Perkerasan Lentur	117
Gambar 4. 31 Hasil Analisis SDPJ2	118

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 LOKASI KEGIATAN	126
LAMPIRAN 2 DATA CBR.....	127
LAMPIRAN 3 SEGMENTASI CBR	128
LAMPIRAN 4 LALU LINTAS HARIAN RATA-RATA	129
LAMPIRAN 5 PERHITUNGAN PERKERASAN SEGMENT 1.....	130
LAMPIRAN 6 PERHITUNGAN PERKERASAN SEGMENT 2.....	133
LAMPIRAN 7 PERHITUNGAN PERKERASAN SEGMENT 3.....	136
LAMPIRAN 8 HASIL SDPJ2	139



ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN



AASHTO	: <i>Association of American State Highway and Transportation Officials</i>
AC Base	: <i>Asphaltic Concrete Base Course</i>
AC BC	: <i>Asphaltic Concrete Binder Course</i>
AC WC	: <i>Asphaltic Concrete Wearing Course</i>
AC	: <i>Asphaltic Concrete</i>
BURAS	: Laburan Aspal
BURDA	: Laburan Batu Dua Lapis
BURTU	: Laburan Batu Satu Lapis
CBR	: <i>California Bearing Ratio</i>
CESA	: <i>Cumulative Equivalent Standard Axles</i>
CTB	: <i>Cement Treated Base</i>
DCP	: <i>Dynamic Cone Penetrometer</i>
DD	: Faktor Distribusi Arah.
DDT	: Daya Dukung Tanah
DL	: Koefisien Distribusi Lajur.
ESA	: <i>Equivalent Single Axle Load</i>
ESA	: <i>Equivalent Standard Axle</i>
HRA	: <i>Hot Rolled Asphalt</i>
HRS	: <i>Hot Rolled Sheet</i>
IP	: Indek Permukaan
IP0	: Indek Permukaan Awal
IPt	: Akhir Desain
IRI	: <i>International Roughness Index</i>
ITP	: Indek Tebal Perkerasan
JBH	: Jalan Bebas Hambatan
JKC	: Jalan Kecil
JLR	: Jalan Lalu Lintas Rendah
JRY	: Jalan Raya
JSD	: Jalan Sedang

LAPEN	: Lapis Penetrasi Makadam
LASBUTAG	: Lapis Asbuton Campuran Dingin
Laston	: Lapis Aspal Beton
LATASIR	: Lapis Tipis Aspal Pasir
LATASTON	: Lapisan tipis beton aspal
LFA	: Lapis Fondasi Atas
LFB	: Lapis Fondasi Bawah
LHR	: Lalu Lintas Harian Rata-rata
LHRi	: Rata-rata Lalu Lintas Harian
LHRT	: Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan
MDP 2017	: Manual Desain Perkerasan 2017
MR	: <i>Modulus Resilient</i>
PI	: <i>Plastic Indeks</i>
PKL	: Pusat Kegiatan Lokal
PKN	: Pusat Kegiatan Nasional
PKW	: Pusat Kegiatan Wilayah
R	: <i>Reliabilitas</i>
Rumija	: Milik Jalan Jalan
Rumaja	: Ruang manfaat jalan
Ruwasja	: Ruang Pengawasan Jalan
SDPJ2	: <i>Software</i> Desain Perkerasan Versi 2
SJJ	: Sistem Jaringan Jalan
SNI	: Standar Nasional Indonesia
So	: Standar Deviasi
SPPJ	: Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan
SPPJ	: Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan
VDF	: <i>Vehicle Damage Factor</i>
W18	: Beban Rencana Kendaraan Selama Umur Rencana

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Infrastruktur jalan diperlukan untuk membuka daerah yang terisolasi, menumbuhkan perekonomian, yang mempengaruhi perkembangan suatu budaya pada daerah yang telah terhubung. Daerah-daerah yang terhubung oleh jalan akan membuka akses sehingga akan menimbulkan pergerakan dari barang maupun orang, dengan demikian tentunya berpengaruh pada daerah tersebut dari segi fisik akan terlihat perubahannya. Penduduk yang tinggal pada daerah yang akses jalan sudah dibuka akan merasakan manfaatnya diantaranya meningkatkan pendapatan warga dan pendapatan di daerah tersebut karena adanya aktifitas pergerakan keluar masuk barang dari daerah lain. Akses jalan dibuka akan membantu meningkatkan perekonomian dan tentunya akan meningkatkan kesejahteraan sehingga tingkat pendidikan lambat laun akan meningkat. Perkembangan ekonomi sangat dipengaruhi oleh sarana prasarana infrastruktur jalan pada daerah tersebut. Pembangunan dan perbaikan jalan yang baik akan memudahkan pergerakan orang dan barang, serta membuka daerah-daerah terpencil, yang kemudian akan berkembang menjadi daerah yang mampu mendorong pertumbuhan ekonomi dari jaringan pemukiman sekitarnya (Arthono & Permana, 2022a)

Kebutuhan adanya jalan menghubungkan antar daerah sangat dibutuhkan. Pembangunan jalan sebelum ditentukan trasenya terlebih dahulu dilihat potensi-potensi pada daerah yang akan dilewatinya sehingga kemanfaatan dari jalan tersebut bisa lebih maksimal. Jalan mempunyai peranan yang sangat penting dalam pergerakan barang maupun orang perpindahan keluar masuk dari daerah luar atau sebaliknya, yang akan mempengaruhi kondisi dari warga tersebut. Infrastruktur memegang peranan penting sebagai motor penggerak pembangunan dan pertumbuhan ekonomi. Ketersediaan infrastruktur yang memadai merupakan elemen penting dalam sistem pelayanan publik. Pembangunan infrastruktur membutuhkan banyak tenaga kerja, sehingga mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan jumlah tenaga kerja yang besar juga meningkatkan pendapatan per kapita.

Jalan sebagai sarana transportasi memegang peranan penting, terutama dalam transportasi darat, karena memudahkan pergerakan orang ke daerah sekitarnya dan memudahkan pergerakan barang dan jasa. Konektivitas antar daerah ini pada gilirannya mempersatukan seluruh wilayah tanah air untuk mendorong kemajuan, nasionalisme dan persatuan bangsa. Pentingnya peran infrastruktur sebagai pendukung pembangunan karena memegang peranan sentral. Pemerataan pembangunan merupakan jawaban atas masalah ketimpangan, dengan salah satu strateginya adalah menjamin tersedianya infrastruktur sesuai kebutuhan daerah yang berbeda. Pembangunan jalan menciptakan lapangan pekerjaan baru, peningkatan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat. Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi darat yang mempunyai peran vital bagi masyarakat dalam kegiatan ekonomi, sosial dan kemajuan suatu daerah (Maryam & Putra, 2020).

Desain jalan dan perkerasan merupakan bagian penting dari infrastruktur jalan dan penting untuk kinerja dan keselamatan jalan yang optimal, membantu orang bepergian dengan aman dan nyaman, dalam melakukan kegiatan di jalan. Desain/perancangan perkerasan jalan terbaik harus dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang maksimal, sebelum dilaksanakan konstruksi (Syuhada et al., 2022a). Perhitungan perkerasan dengan beberapa Metode Analisis Perkerasan Lentur bisa dipakai dalam analisis. Metode Perkerasan Jalan Lentur yang digunakan di Indonesia yaitu AASHTO, Analisa Komponen, manual Desain perkerasan 2013 (MDP 2013), Manua Desain Perkerasan 2017 (MDP 2017), Suplemen MDP 2017 dan *Software* Desain Perkerasan Jalan 2 (SDPJ2). Metode analisis yang digunakan untuk penyusunan Tesis ini Adalah Metode Analisis Komponen dan dengan *Software* SDPJ2. Metode Analisis Komponen adalah versi dari metode AASHTO yang disesuaikan dengan kondisi di Negara Indonesia. Dasar perhitungan Analisa Komponen berdasar pada Buku Panduan Perkerasan Lentur SKBI - 2.3.26.1987, Pt T-01-2002-B. Aplikasi Perhitungan Perkerasan lentur menggunakan *software* SDPJ2 (*Software* Desain Perkerasan Jalan versi 2) merupakan perhitungan perkerasan MDP 2017 (Manual Desain Perkerasan tahun 2017) yang dituangkan dalam bentuk alat bantu perangkat lunak sistem komputerisasi.

1. 2. Rumusan Masalah

Dengan rencana pembangunan jalan baru pada Ruas Jalan Iwur – Waropko, terlebih dahulu direncanakan jenis konstruksinya. Dengan pertimbangan dari segi teknis konstruksi harus kuat, efisien dari segi biaya dan mudah dalam pelaksanaannya, rumusan masalah dalam Tesis ini adalah sebagai berikut :

- 1) Berapa tebal lapis perkerasan lentur hasil perhitungan dengan menggunakan Metode Analisa Komponen?
- 2) Berapa tebal lapis perkerasan lentur dengan menggunakan *Software* SDPJ2?
- 3) Bagaimana perbandingan biaya konstruksi yang dihasilkan dari perhitungan tebal perkerasan lentur antara Metode Analisa Komponen dengan Metode SDPJ2?

1. 3. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam analisis ini dengan membatasi ruang lingkup masalah pada perancangan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode analisa komponen dan menggunakan software desain perkerasan jalan (SDPJ2) agar penelitian dapat terarah dengan baik sesuai dengan tujuannya, yang disusun berdasarkan data-data perencanaan DED Iwur - Waropko oleh PT. Bintang Inti Rekatama (KSO) PT. Gracia Papua Konsultan dan *Core Team* P2JN Merauke tahun pengumpulan data tahun 2022. Permasalahan geometrik, drainase, penanganan lereng tidak dibahas dalam analisis ini. Analisis mengacu pada data-data primer dan sekunder, dimana data primer didapatkan dari survei langsung dan data sekunder yang diperoleh dari instansi, referensi ataupun literatur yang legal yang telah dipublikasikan.

1. 4. Tujuan Penelitian

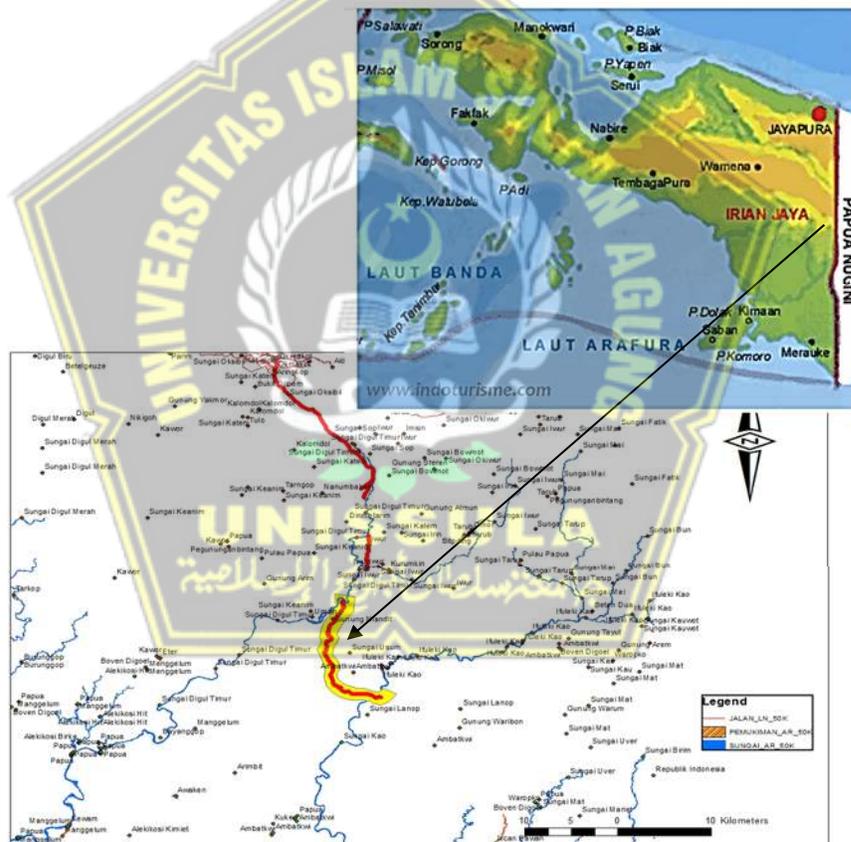
Tujuan dari penulisan ini yaitu :

- 1) Menganalisis tebal perkerasan lentur pada ruas jalan Iwur - Waropko menggunakan Metode Analisa Komponen.

- 2) Menganalisis tebal perkerasan lentur pada ruas jalan Iwur - Waropko menggunakan *Software* Desain Perkerasan Jalan 2.
- 3) Membandingkan biaya konstruksi perkerasan lentur antara Metode Analisa Komponen dengan *Software* Desain Perkerasan Jalan 2.

1. 5. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian terdapat pada Ruas Jalan Iwur – Waropko, tepatnya Sta. 00+000 (X = 466798,194 Y = 9428490,042) sampai Sta 18+200 (X = 470730,427 Y = 9416528, 612) di Kabupaten Boven Digoel Provinsi Papua. Lokasi peta penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Lokasi Studi Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Jalan

Menurut peraturan Undang-undang mengenai jalan yang tertuang pada jalan merupakan prasarana transportasi darat yang terdiri dari seluruh bagian jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan penunjang dan peralatan diperuntukkan bagi lalu lintas, yang dapat berada pada permukaan tanah, permukaan tanah atas, permukaan tanah bawah dan/atau permukaan air, serta permukaan air. kecuali jalan rel, jalan truk dan jalan kabel (UU No. 2a Tahun 2022, 2022, p. 1). Bagian jalan untuk lalu lintas terdiri dari lajur lalu lintas kendaraan, bahu jalan, median dan pemisah jalur. Lajur lalu lintas, atau biasa disingkat lajur, adalah seluruh perkerasan jalan yang diperuntukkan bagi kendaraan, umumnya ditandai dari bagian-bagian jalan yang dapat dilapisi aspal atau dilapisi beton pada jalan yang perkerasannya tidak lentur. Bahu jalan merupakan bagian jalan sebagai tempat kendaraan mogok untuk mencegah atau digunakan oleh mobil *emergency* seperti ambulans, mobil pemadam kebakaran, kendaraan polisi yang sedang menuju ke tempat tujuan yang membutuhkan pertolongan darurat pada saat jalan rusak. Median jalan merupakan pemisah fisik jalur Pengunjung yang berfungsi untuk membuang konflik Pengunjung yang berlawanan, yang pada gilirannya akan meningkatkan perlindungan Pengguna jalan. Pemisah jalur merupakan fase jalan yang memisahkan jalur lalu lintas (Permen PU no.19/PRT/M/2011, 2011, p. 4).

Bagian-bagian jalan serta pemanfaatannya, berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan, terbagi menjadi beberapa bagian :

1) Ruang Manfaat Jalan / Rumaja

Ruang Manfaat Jalan merupakan ruang yang digunakan untuk pembuatan jalan dan terdiri dari badan jalan, parit pinggir jalan dan ambang batas perlindungan. Badan jalan termasuk jalur Pengguna jalan, tanpa atau dengan jalur dan bahu pemisah, termasuk jalur pejalan kaki. Ambang pengaman

jalan terletak di bagian terluar dari ruang penguatan jalan, dan dimaksudkan untuk memudahkan konstruksi jalan, dengan tujuan untuk membantu Pengguna jalan dan jasa transportasi selain untuk mengamankan pembuatan jalan, rangka jalan disiapkan dengan area longgar. Ruang yang dibatasi oleh lebar, puncak dan kedalaman tertentu. Lebar ruang yang tidak dikencangkan sesuai dengan lebar badan jalan. Tinggi dan kedalaman ruang juga ditentukan oleh Operator jalan yang terlibat berdasarkan sepenuhnya pada petunjuk yang ditetapkan, menggunakan undang-undang. Batas atas minimum ruang terbuka untuk jalan arteri dan kolektor adalah 5 (lima) meter. Kedalaman ruang Jalan Arteri dan Kolektor minimal 1,5 (satu koma lima) meter dari *surface* jalan (PP No. 34 Tahun 2006, 2006, p. 14).

2) Ruang Milik Jalan / Rumija

Ruang Milik Jalan / Rumija terdiri dari ruang manfaat jalan dan jalur tanah tertentu di luar kawasan manfaat jalan, yaitu ruang di sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, intensitas dan tinggi tertentu. Ruang Milik Jalan dialokasikan untuk area penggunaan pelebaran lajur dan penambahan lajur lalu lintas untuk masa mendatang. Sebidang tanah tertentu sebagai ruang terbuka hijau yang difungsikan menjadi lanskap jalan. Ruang dimiliki oleh jalan sekurang-kurangnya memiliki lebar berikut: jalan bebas hambatan 30 (tiga puluh) meter, jalan raya 25 (dua puluh lima) meter, jalan sedang 15 (lima belas) meter; dan , jalan kecil 11 (sebelas) meter (PP No. 34 Tahun 2006, 2006, p. 16).

3) Ruang Pengawasan Jalan / Ruwasja

Ruang Pengawasan Jalan merupakan ruang di luar ruang milik jalan yang penggunaannya dibawah pengawasan Pengelola jalan, ditujukan untuk pandangan bebas Pengemudi dan keselamatan pembuatan jalan dan pengamanan fungsi jalan. Sepanjang Ruang Pengawasan Jalan di luar area milik jalan yang dibatasi dengan lebar dan tinggi tertentu. dalam hal jarak yang dimiliki melalui jalan tidak cukup lebar, lebar ruang kendali jalan ditentukan dari tepi rangka jalan sekurang-kurangnya dengan dimensi sebagai berikut: jalan Arteri Primer 15 (lima belas) meter, Jalan Kolektor Primer 10 (sepuluh) meter, Jalan Lokal Primer 7 (tujuh) meter,

Jalan Lingkungan 5 (lima) meter, Jalan Arteri Sekunder 15 (lima belas) meter, Jalan Kolektor Sekunder 5 (lima) meter, Jalan Terdekat Sekunder 3 (tiga) meter, Jalan Lingkungan Sekunder 2 (dua) meter dan Jembatan 100 (seratus) meter ke hilir dan ke hulu (PP No. 34 Tahun 2006, 2006, p. 17).

2.2. Klasifikasi Jalan

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan telah mengelompokkan yang ditetapkan dalam klasifikasinya menurut peruntukannya, sistem jaringan jalan, kelas dan fungsi jalan. Klasifikasi jalan yang terdiri dari Spesifikasi penyediaan Prasarana jalan (SPPJ) dan kelas Penggunaan Jalan (SE No. 20/SE/Db/2021, 2021, p. 24). Pengelompokan jalan yang seluruhnya berdasarkan karakteristik jalan, terutama berdasarkan pengelolaan pemerintah dan berdasarkan beban sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan.

2.2.1. Peruntukan Jalan

Berdasarkan nama jalan, jalan didefinisikan sebagai Jalan Umum dan Jalan Khusus. Jalan Umum adalah jalan khusus untuk angkutan umum, bersama dengan jalan bebas hambatan dan jalan tol yang diawasi oleh pihak yang berwenang. Jalan Khusus adalah jalan yang tidak diperuntukkan bagi angkutan umum, tetapi hanya melayani tertentu dan/atau langsung ke organisasi jaringan tertentu, badan usaha atau bisnis pemerintah. Penyelenggaraan jalan khusus yang sejalan dengan kebijakan perundang-undangan merupakan kewajiban kelompok non-Pemerintah, sedangkan lembaga pengaturan, pengendalian, pengoperasian dan kerja dapat dilakukan melalui Negara atau kelompok otoritas secara kolektif dengan industri non-publik, individu atau perusahaan masyarakat tertentu. Jalan khusus dapat dimiliki oleh perorangan, badan jaringan tertentu, perusahaan, dan/atau organisasi Pemerintah, seperti Badan Usaha Pemerintah (SE No. 20/SE/Db/2021, 2021, p. 24).

2.2.2. Sistem Jaringan Jalan (SJJ)

Jalan umum dibagi menjadi 5 (lima) kelas sesuai dengan reputasinya: jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa. Berdasarkan tanggung jawab masing-masing kelompok kembali lembaga instansi yang terkait, adapun penjelasannya sebagai berikut :

- a) Jalan nasional adalah jalan yang menjadi tanggung jawab dari Pemerintah pusat (kementerian) yang terdiri dari jalan utama dan jalan utama dalam jaringan jalan utama yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan jalan strategis nasional dan jalan tol.
- b) Jalan Provinsi adalah jalan umum yang kewenangan penyelenggaraannya oleh Pemerintah provinsi setempat. Jalan provinsi menghubungkan antar kabupaten yang ada pada provinsi tersebut.
- c) Jalan Kabupaten adalah jalan umum yang menjadi kewenangan penyelenggaraannya ada di Pemerintah daerah kabupaten. Jalan kabupaten menghubungkan antar kecamatan yang dibawah naungan kabupaten tersebut.
- d) Jalan kota merupakan jalan yang ada pada wilayah kota yang kewenangan penyelenggaraannya ada pada Pemerintah walikota.
- e) Jalan desa adalah jalan umum yang menghubungkan antar pemukiman dalam kawasan pedesaan di luar jalan kabupaten (SE No. 20/SE/Db/2021, 2021, p. 25).

2.2.3. Kelas Jalan

Kelas jalan adalah pengelompokan jalan menurut fungsi, intensitas lalu lintas, daya dukung beban sumbu tertinggi dan dimensi kendaraan (Permen PUPRsNo. s05 Tahun 2018, s2018, p. 2). Jalan bisa melayani dari jenis kendaraan yang sudah ditentukan besaran dari kendaraan tersebut, dari muatan sumbu terberat, dimensi panjang dan lebar kendaraan. Penetapan dari kelas jalan harus memenuhi persyaratan dari masing-masing kelas yang ditentukan. Berikut penggolongan jalan berdasarkan kelas jalan :

1. Jalan kelas I

Jalan golongan I meliputi jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dengan lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter dan tinggi tidak melebihi 4.200 (empat ribu ratus) milimeter dan MST 10 (sepuluh) ton (Permen PUPR No. 05 Tahun 2018, 2018, p. 4).

2. Jalan kelas II

Jalan Kelas II meliputi jalan arteri, kolektor, lingkungan dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter dan batas atas tidak melebihi 4,200 (empat ribu dua ratus) milimeter dan MST 8 (delapan) ton (Permen PUPR No. 05 Tahun 2018, 2018, p. 4).

3. Kelas Jalan III

Jalan kelas III adalah jalan utama, jalan kolektor, jalan lokal dan jalan lingkungan yang dimanfaatkan oleh kendaraan bermotor dengan lebar maksimal 2.100 (dua ribu 100) milimeter, panjang maksimal 9.000 (sembilan ribu) milimeter dan tinggi tidak lebih dari 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter dan MST 8 ton (Permen PUPR No. 05 Tahun 2018, 2018, p. 4).

2.2.4. Fungsi Jalan

Fungsi Jalan terbagi menjadi 4 (empat) yaitu jalan arteri primer, jalan kolektor primer, jalan lokal primer dan jalan lingkungan primer. Masing-masing dari fungsi jalan tersebut diperuntukkan sesuai dengan kebutuhan yang saling terhubung. Penjelasan mengenai dari fungsi jalan adalah sebagai berikut :

- 1) Jalan Arteri Primer yang menghubungkan Pusat Kegiatan Nasional (PKN) atau antara PKN dengan mobil penumpang dan melayani angkutan utama.
- 2) Jalan kolektor primer yang menghubungkan Pusat Kegiatan Nasional dan Pusat Kegiatan Lokal, antar Pusat Kegiatan Wilayah atau PKW dengan PKL, yang melayani angkutan pengumpulan/distribusi.

- 3) Jalan lokal primer yang menghubungkan PKN dan PKL, PKW dan PKLing, PKL atau diantara PKL dan PKL dan PKL, melayani transportasi lokasi lingkungan.
- 4) Jalan lingkungan primer yang menghubungkan pusat kegiatan pedesaan dengan jalan lingkungan pedesaan melayani lalu lintas lingkungan .(SE No. 20/SE/Db/2021, 2021, p. 27) .

2.2.5. Klasifikasi Jalan Yang Terdiri dari Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan (SPPJ)

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan (SPPJ) dikelompokkan yang berdasarkan pengendalian dari akses jalan masuk, persimpangan sebidang, jumlah lajur dan lebar jalur , ketersediaan median, serta batas pagar Rumija. SPPJ dikelompokkan menjadi empat, yaitu:

- 1) Jalan Bebas Hambatan (JBH)
- 2) Jalan Raya (JRY)
- 3) Jalan Sedang (JSD)
- 4) Jalan Kecil (JKC) ,
- 5) Jalan lalu lintas rendah (JLR) (SE No. 20/SE/Db/2021, 2021, p. 30)

2.3. Perkerasan Jalan

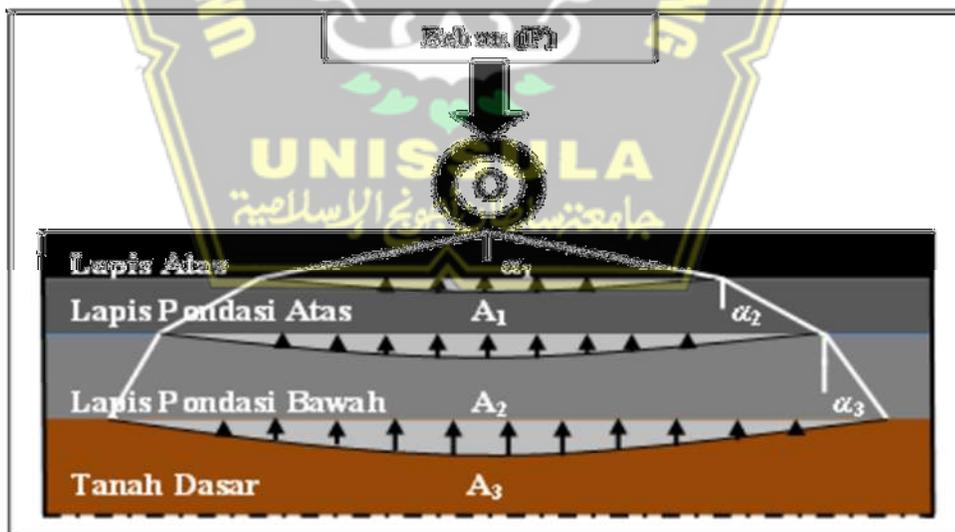
Pembangunan jalan telah dilakukan sejak lama karena transportasi merupakan aktivitas dasar manusia. Awalnya pembangunan jalan beraspal tak beraspal dirasa cukup karena beban kendaraan dan arus lalu lintas masih rendah. Seiring waktu, jalan tanah dianggap tidak memadai karena jalan tersebut rusak. Selain itu, teknologi tersebut mempertimbangkan pembentukan lapisan tambahan di atas permukaan jalan untuk memperkuat daya dukung jalan. Karena lapisan tambahan tersebut harus dikeraskan untuk meningkatkan daya dukung lalu lintas, maka disebut perkerasan jalan. Perkerasan jalan adalah permukaan jalan yang bangun untuk konstruksi jalan (Haryanto & Utomo, 2012, p. 11).

Konstruksi perkerasan jalan terdiri dari perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dengan

bahan pengikat pada permukaan jalan menggunakan aspal. Perkerasan jalan kaku (*Rigid Pavement*) dengan bahan material pada permukaan jalan menggunakan campuran agregat dan semen. Perkerasan komposit merupakan kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Perletakan material perkerasan komposit untuk material beton berada dibawah aspal dan untuk permukaan jalan ini menggunakan aspal (Sukirman, 1999, p. 4).

2.3.1. Perkerasan Lentur / *Flexible Pavement*

Struktur perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai pengikat dan lapisan perkerasannya memikul dan menyalurkan beban lalu lintas ke bawah permukaan. Aspal sendiri merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang berbentuk padat hingga agak padat pada suhu ruangan. Ketika aspal dipanaskan sampai suhu tertentu, aspal dapat menjadi lembek/cair, memungkinkannya untuk membungkus partikel agregat saat membuat beton aspal. Saat suhu mulai turun, aspal mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastik) menurut Sukirman (1999) (Nur et al., 2020, p. 5).



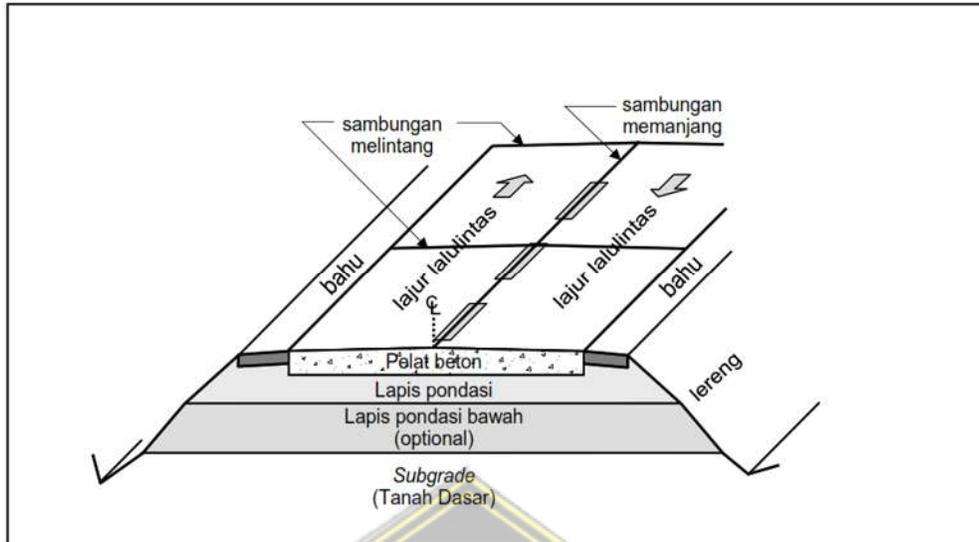
Gambar 2. 1 Beban Roda yang Didistribusikan ke Lapisan Bawahnya,
Wiryanto, 2011 (Nur et al., 2020, p. 19) .

Berdasarkan Gambar 2.1 bahwa lapisan paling atas yang menahan beban yang paling berat karena beban tertumpu seluas pada permukaan ban yang menghimpit langsung ke permukaan perkerasan lentur. Ini yang menyebabkan kerusakan awal diperkerasan permukaan. Dan selanjutnya beban yang lebih ringan dibanding dengan beban diperkerasan yaitu pada lapisan Pondasi Atas, dimana beban akan disebarkan lebih luas dibanding dengan lapisan permukaan. Setelah di pondasi Atas beban akan didistribusikan ke lapisan dibawahnya yaitu lapis pondasi bawah dan tentunya pada lapis pondasi ini beban yang diterima lebih ringan dibanding lapis diatasnya yaitu dari lapis pondasi atas dan lapis permukaan, karena beban yang dipikul oleh pondasi dengan luasan yang lebih luas. Dan yang terakhir beban dipikul oleh tanah dasar dimana pada lapisan ini adalah lapisan paling bawah atau terakhir yang menerima beban.

2.3.2. Perkerasan Kaku / *Rigid Pavement*

Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah susunan perkerasan yang menggunakan pelat beton sebagai lapisan atasnya, yang terletak di atas pondasi atau lantai dasar atau langsung di bawah tanah (Sukirman, 1999, p. 4). Perkerasan kaku awalnya hanya diletakkan di atas tanah, terlepas dari jenis media dan pengeringannya. Pengaruh jenis lapisan tanah bawah pada pekerjaan pengaspalan memiliki pengaruh yang sangat besar pada daya pompa perkerasan. Pemompaan adalah proses pencampuran tanah dasar atau agregat tanah dasar di area umum (basah atau kering) karena pergerakan vertikal pelat yang disebabkan oleh beban lalu lintas, sehingga mengurangi daya dukung tanah dasar (Saleh et al., 2022, p. 10).

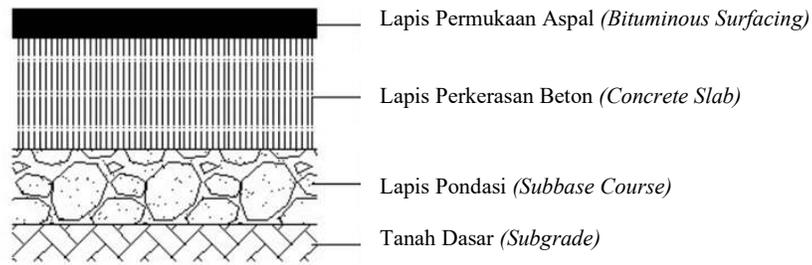
Perkerasan kaku cocok untuk jalan yang ramai dengan lalu lintas padat, di dekat pintu tol, di jalan yang dilewati kendaraan berat dengan kecepatan rendah, atau di persimpangan jalan tol atau pintu masuk yang didominasi oleh kendaraan berat. Struktur permukaan jalan yang kaku terdiri dari pelat beton sebagai lapisan atas, lapisan dasar sebagai lapisan dasar yang homogen dan lapisan dasar yang menjadi tumpuan struktur permukaan jalan. Pelat beton memiliki sambungan memanjang dan melintang seperti terlihat pada gambar 2.2. Struktur perkerasan kaku.



Gambar 2. 2 Struktur Perkerasan Kaku (Sukirman, 2010a, p. 14)

2.3.3. Perkerasan Komposit / Composite Pavement

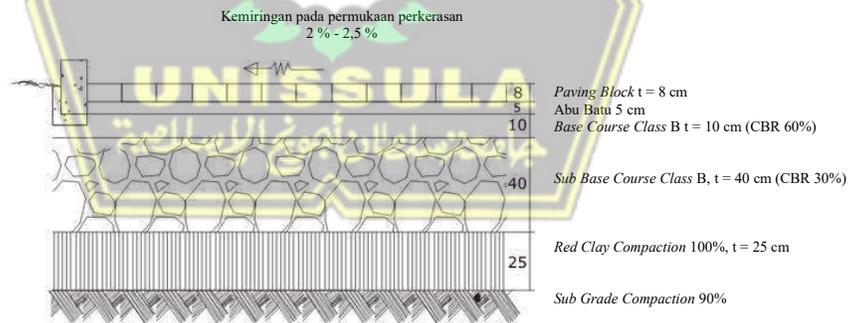
Perkerasan komposit adalah kombinasi dari struktur jalan yang kaku dan lapisan jalan fleksibel bagian atas, dengan kedua jenis jalan tersebut membawa beban lalu lintas secara bersama-sama. Untuk tujuan ini, kondisi ketebalan perkerasan aspal harus ditentukan sedemikian rupa sehingga cukup kaku dan dapat mencegah retak refleksi pada perkerasan beton di bawahnya. Konstruksi ini biasanya lebih nyaman bagi pengendara daripada membangun trotoar semen-beton sebagai lapisan atas tanpa aspal. Konstruksi perkerasan composite merupakan perkerasan kaku dengan lapisan aspal sebagai lapisan aus pada permukaannya, yang dianggap sebagai bagian penahan beban. Perbedaan struktur perkerasan sintetik dengan struktur perkerasan kaku terletak pada permukaannya. Pada struktur perkerasan komposit keausan terdiri dari lapisan aspal, sedangkan pada struktur perkerasan kaku adalah beton semen. Konstruksi perkerasan komposit bisa dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Konstruksi Perkerasan Komposit (Nur et al., 2020, p. 15)

2.3.4. Perkerasan Paving Blok / *Concrete Block Paving*

Perkerasan jalan dengan *paving* blok merupakan perkerasan jalan menggunakan blok beton yang sudah dicetak. Paving blok merupakan campuran bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolik sejenis, air dan agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak mempengaruhi mutu balok beton (Badan Standardisasi Nasional, 1996, p. 1). Bata beton dari klasifikasi terbagi menjadi 4 yaitu bata beton mutu A, B, C dan D. Konstruksi dari perkerasan paving blok terdiri dari *sub grade* (tanah dasar), agregat atau pasir dan blok beton paving. Perkerasan Paving Blok / *Concrete Block Paving* bisa dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2. 4 Perkerasan Paving Blok / *Concrete Block Paving* (Herliansyah, 2013)

2.4. Jenis Struktur Perkerasan Lentur

Permukaan jalan lentur (*fleksibel pavement*) pada umumnya terdiri dari tanah dasar (*sub grade*), Lapis fondasi dan lapisan permukaan aspal. Karena daya dukung permukaan tanah dasar yang rendah untuk roda kendaraan alat berat

(terutama dalam konstruksi). Bahan lapisan dasar harus kuat dan cukup tahan lama untuk menahan tekanan roda. Pemilihan bahan untuk lapisan penutup harus mempertimbangkan masa pakai, desain dan fase konstruksi untuk mencapai manfaat dan biaya terbesar (SE No. 12/SE/M/2013, 2013, p. 1). Komponen perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) terdiri dari : Tanah Dasar (*Sub Grade*), Lapis Fondasi Bawah (LFB), Lapis Fondasi Atas (LFA), Lapis Perkerasan Permukaan.

2.4.1. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Sub Grade merupakan permukaan tanah asli yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk meletakkan bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan daya tahan konstruksi permukaan jalan sangat bergantung pada sifat dan kapasitas beban tanah di bawahnya. Tanah dasar (*Sub Grade*) terbagi menjadi 3 jenis yaitu tanah dasar asli (*existing*), tanah dasar galian dan tanah dasar timbunan (Bina Marga 2017, 2017, pp. 1–2).

1. Tanah dasar asli, merupakan tanah top soil yang digunakan sebagai *sub grade*. Tanah ini harus memenuhi ketentuan teknis untuk penompang dari lapisan atas dan memikul beban dari lalu lintas secara tidak langsung. Tanah dasar asli harus mempunyai CBR minimum 6% dan apabila nilai CBR kurang dari 6% maka dilakukan *improve sub grade*.
2. Tanah dasar galian, merupakan tanah dasar dari galian yang digunakan sebagai penompang dari lapis pondasi bawah. Permukaan galian digunakan pada alinyemen vertikal pada rencana jalan yang dibutuhkan galian. Kedalaman galian tentative tergantung dari galian elevasi yang direncanakan, karena kondisi permukaan *existing* yang dengan *grade* di luar standar maka jalan tersebut harus dilakukan galian sesuai dengan *grade* maksimum yang telah ditetapkan. *Grade* maksimum dari jalan dengan kemiringan 10% dengan panjang maksimum 200 meter.

2.4.2. Lapis Fondasi Bawah (LFB)

Base course adalah bagian perkerasan yang terletak diantara *Base Course* dan *Sub Grade* / tanah dasar . Konstruksi jalan untuk mendukung dan

mendistribusikan beban roda. Lapis Fondasi Bawah bisa menggunakan Agregat Kelas B dengan ketentuan untuk abrasi material atau nilai keausannya 0 – 40% sesuai dengan SNI 2414:2008, dengan nilai abrasi tersebut material benar-benar keras sehingga pada kondisi layan dipastikan material tahan terhadap beban lalu lintas. CBR untuk material Kelas B dengan CBR minimum 60% sesuai dengan SNI 1744:2012, Batas cair 0 – 35 sesuai dalam SNI 1967:2008 , Indeks Plastisitas 4 – 10 sesuai dengan aturan pada SNI 1966:2008. Lapisan Pondasi Bawah mempunyai fungsi sebagai berikut :

- ✓ Membantu lapis pondasi atas dalam distribusi beban, merupakan bagian konstruksi yang menebarkan beban ke tanah dasar.
- ✓ Mengurangi tebal perkerasan lapis pondasi atas, pada lapis pondasi atas yang mempunyai daya stabilitas yang tinggi dengan CBR 90% dan pada lapis pondasi bawah dengan CBR 60% yang mana dari segi biaya lebih mahal lapis pondasi atas.
- ✓ Mencegah material tanah dasar naik ke permukaan, dengan tekanan roda dari atas akan menyebabkan perlawanan gaya dari tanah dasar, dengan adanya gaya perlawanan dari tanah dasar makan membuat ada material halus yang tertekan menuju keatas, dengan adanya lapis pondasi bawah sebagai penahan material halus ke atas.
- ✓ Lapis peresap, meneruskan air dari lapis pondasi atas yang selanjutnya diserap oleh lapis pondasi bawah, sehingga lapis pondasi atas tidak tergenang oleh air.
- ✓ Lapisan awal pembentukan badan jalan untuk ke tahap di atas selanjutnya bisa berjalan lancar (Saleh et al., 2022, p. 11).

2.4.3. Lapis Fondasi Atas (LFA)

Bahan untuk lapisan Fondasi Atas yang kuat terhadap beban dan awet sehingga dapat menahan massa roda. Sebelum menentukan kain yang akan digunakan sebagai bahan dasar, penelitian dan pertimbangan yang sebaik mungkin harus dilakukan dengan memperhatikan persyaratan teknis. Berbagai bahan alam/bahan lingkungan (CBR > 50%, PI < 4%) dapat digunakan sebagai bahan lapisan dasar, antara lain: batu pecah, kerikil pecah dan stabilisasi tanah

dengan semen atau kapur. Pada lapis pondasi atas ini hampir sama dengan lapis pondasi bawah hanya saja pada lapis pondasi atas untuk material lebih kecil dibanding dengan material dilapis pondasi bawah. Dari segi kekuatan dibanding dengan lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas lebih kuat, untuk agregat berupa batu pecah digunakan untuk lapis pondasi atas dengan CBR minimum 90%. Lapis Pondasi Atas mempunyai fungsi yaitu :

- ✓ Menahan gaya langsung dari lapis permukaan, atau disebut menahan gaya lintang dan meneruskan beban dilapisan berikutnya.
- ✓ Lapis peresapan, lapis pondasi atas yang bisa mengalirkan air, dimana material ini tidak kedap air seperti pada lapis permukaan.
- ✓ Bantalan, merupakan lapis bantalan antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (Saleh et al., 2022, p. 10).

2.4.4. Lapis Perkerasan Permukaan

Lapisan permukaan yang tahan air sebagai pelindung dari kerusakan dari cuaca dan beban di atasnya. Bahan lapisan atas umumnya sama dengan bahan lapisan dasar dengan persyaratan yang lebih tinggi. Material yang digunakan pada perkerasan permukaan merupakan aspal yang tahan terhadap air dan material permukaan dan bahan aspal itu sendiri mengurangi tegangan tarik, yang berarti meningkatkan daya dukung lapisan untuk mentransfer beban roda. Lapis permukaan mempunyai fungsi sebagai berikut :

- ✓ Lapisan penutup kedap air, Lapis permukaan untuk perkerasan lentur merupakan lapisan penutup yang air dari permukaan tidak bisa masuk ke konstruksi dibawahnya.
- ✓ Penahan beban roda, roda dengan beban kendaraan yang dipikul langsung oleh lapis permukaan yang mempunyai stabilitas yang tinggi.
- ✓ Lapis aus, terjadinya gesekan langsung dengan kendaraan sehingga lapis permukaan mudah aus.
- ✓ Menyebarkan beban ke lapis dibawahnya yaitu yang berhimpitan langsung, lapis pondasi atas dan yang tidak langsung lapis pondasi bawah dan tanah dasar (Saleh et al., 2022, p. 8).

Perkerasan lentur untuk permukaan diantaranya sebagai berikut :

- a. Lapis Aspal Beton (LASTON)
Lapisan Beton Aspal (LASTON) merupakan kombinasi dari beberapa material diantaranya agregat kasar, agregat halus, filler yang diikat dengan bahan pengisi dengan aspal dengan penetrasi 60/80 yang dicampur pada suhu panas pada temperatur tertentu, dihamparkan dan dipadatkan (Darlan, 2014). Laston terdiri dari 3 bagian yaitu AC-WC, AC – BC dan AC Base.
- b. Lapis Aspal HRS (*Hot Rolled Sheet*)
Merupakan lapis permukaan aspal yang merupakan campuran agregat dan aspal, hanya saja pada aspal HRS ini hampir sama dengan aspal laston hanya saja ukuran agregatnya lebih halus dari pada aspal Laston. Untuk penggunaan aspal HRS digunakan pada lalu lintas dengan jumlah maksimal Ceqsanya empat juta. Adapun jenis HRS terdiri dari HRS WC dan HRS Base.
- c. Lapis Penetrasi Makadam (LAPEN)
Lapis Penetrasi Macadam (LAPEN) merupakan perkerasan yang terdiri dari agregat primer dengan batu-batu yang terbuka dan saling mengunci secara merata, direkatkan ke aspal keras dengan aplikasi semprot dan dipadatkan selapis demi selapis. Lapen digunakan sebagai lapisan permukaan, perlu ditutup dengan aspal dengan agregat (Darlan, 2014).
- d. Lapis Asbuton Campuran Dingin (LASBUTAG)
Lapis Asbuton Cold Mix (LASBUTAG) Merupakan bahan campuran yang terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, filler dan asbuton. Lapisan ini yang dicampur pada keadaan dingin yang selanjutnya dihamparkan dan dipadatkan. (Darlan, 2014).
- e. Hot Rolled Asphalt (HRA)
Aspal Rolled Asphalt (HRA) adalah lapisan permukaan yang terdiri dari berbagai agregat, pengisi serta aspal yang dicampur dengan perbandingan tertentu, pelaksanaannya dipadatkan pada suhu panas tertentu. (Darlan, 2014).
- f. Laburan Aspal (BURAS)

Asphalt Laburan (BURAS) adalah lapisan permukaan yang terdiri dari lapisan aspal berpasir setebal maksimum 9,6 mm atau 3/8 inci (Darlan, 2014).

g. Laburan Batu Satu Lapis (BURTU)

Lapis Batu Satu Lapis (BURTU) merupakan lapisan permukaan yang terdiri dari kombinasi antara prime coat dan selanjutnya ditabur dengan agregat yang seragam. Burtu merupakan lapisan atas yang terdiri dari lapisan aspal dan lapisan agregat kualitas seragam yang tersebar di atasnya, ketebalan maksimum 20mm (Darlan, 2014).

h. Laburan Batu Dua Lapis (BURDA)

Lapis perkerasan Laburan Batu Dua Lapis atau yang disebut Burda merupakan lapis perkerasan aspal yang dikerjakan setelah lapis pondasi, pengerjaannya kurang lebih sama dengan Burtu, akan tetapi pada lapis Burda ini dikerjakan dua kali lapis. Burda merupakan lapisan permukaan yang terdiri dari lapisan aspal yang dilabur dengan agregat yang diaplikasikan dua kali berturut-turut, ketebalan maksimum 35mm (Darlan, 2014).

i. Lapisan Aspal Beton Pondasi Atas / LASTON ATAS.

Lapisan atas beton aspal adalah permukaan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan saat panas (Nur et al., 2020, p. 9).

j. Pondasi Beton Aspal (LASTON BAWAH)

Pondasi Beton Aspal (LASTON BAWAH) biasanya merupakan lapisan jalan antara *Base Course* dan tanah dasar, yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan pada temperatur tertentu (Nur et al., 2020, p. 9).

k. Lapis Tipis Aspal Beton

Lapisan tipis beton aspal (LATASTON) adalah lapisan permukaan yang terdiri dari agregat tidak rata, bahan pengisi dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam

kondisi panas pada temperatur tertentu. Ketebalan material padat 25-30 mm (Nur et al., 2020, p. 9).

l. Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR)

Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) adalah perkerasan yang terdiri dari campuran pasir dan aspal keras, yang dicampur, diratakan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu (Nur et al., 2020, p. 9). Penghamparan Latasir bisa menggunakan aspal Finisher dan selanjutnya dilakukan perataan menggunakan alat Tandem Roller, selanjutnya menggunakan Pneumatic Tandem Roller dan yang terakhir menggunakan Tandem Roller kembali. Penggunaan Latasir digunakan pada jalan dengan lalu lintas rendah dengan perhitungan Cesa masih dibawah 4 Juta.

m. Aspal Makadam

Aspal macadam adalah permukaan jalan yang terdiri dari agregat terbuka atau seragam dan/atau agregat yang dicampur dengan aspal cair, dikeraskan dan padatkan dalam keadaan dingin (Nur et al., 2020, p. 10). Aspal yang digunakan menggunakan aspal yang sudah dipanaskan sebelumnya dengan penetrasi 60 atau dengan aspal dengan penetrasi 80. Penggunaan Macadam digunakan pada jalan dengan lalu lintas rendah.

2.5. Desain Struktur Perkerasan Jalan

Rancangan struktur tebal permukaan jalan merupakan bagian dari rancangan jalan yang tujuannya adalah untuk melayani arus lalu lintas sedemikian rupa sehingga Pengguna jalan memiliki rasa aman dan nyaman. Perancangan struktur perkerasan lentur, ada beberapa faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan yang mempengaruhi hasil desain yaitu beban lalu lintas, kondisi bawah permukaan, fungsi jalan, kondisi lingkungan, kinerja perkerasan, masa pelayanan atau umur rencana, jenis dan jumlah bahan baku yang tersedia, geometri jalan, perkerasan saat ini (terutama sehubungan dengan perbaikan jalan lama) (Sukirman, 2010b, p. 31).

Saondang (2005) menyatakan bahwa sejarah perancangan perkerasan di Indonesia dimulai sebelum tahun 1974 dan belum ada metode perancangan

perkerasan yang baku. Setelah periode 1974-1983, Bina Marga menerbitkan Aturan Desain Perkerasan jalan nomor 04/PD/BM/1974, yang diadopsi oleh AASHTO pada tahun 1972 dan Asphalt Institute pada tahun 1970. Kemudian diperbarui menjadi desain berbasis standar selama periode 1983-1987 Buku 01 /PD. /B/1983. Kemudian SNI-1732-1989-F yang dikenal dengan Metode Analisis Komponen, merupakan standar nasional untuk desain permukaan jalan (Nur et al., 2020, p. 103). Departemen Pemukiman Prasarana Wilayah mengeluarkan pada tahun 2002 mengeluarkan update Analisa komponen buku pedoman perancangan perkerasan lentur yang dikenal dengan Pt-T-01-2002-B. Pada tahun 2013 Kementerian pekerjaan umum mengeluarkan update Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur diterbitkan oleh Pusjatan, yang merujuk pada Metode Analisa Komponen, yang tertuang pada Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum, No. 12/SE/M/2013.

2.5.1. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas adalah beban kendaraan yang dipindahkan ke jalan melalui kontak ban dengan permukaan jalan. Beban lalu lintas merupakan beban dinamis yang terjadi beberapa kali selama umur jalan. Tingkat kemacetan lalu lintas dipengaruhi oleh beberapa faktor kendaraan, seperti : Konfigurasi gardan dan roda kendaraan, beban gardan dan roda kendaraan, tekanan ban, volume lalu lintas, pengulangan gardan, distribusi arus lalu lintas di jalan, kecepatan kendaraan, sangat berpengaruh terhadap hasil desain dan ketebalan permukaan jalan serta daya tahan struktur jalan, jalan selama masa pemeliharaan (Sukirman, 2010a, p. 32) .

2.5.1.1 Konfigurasi Sumbu dan Roda Kendaraan

Setiap kendaraan setidaknya memiliki dua gardan, yaitu gardan depan yang disebut juga dengan gardan kemudi dan gardan belakang atau gardan penyangga. Setiap ujung gardan dilengkapi dengan satu atau dua roda. Kendaraan Berat dengan lebih dari dua as roda. Berdasarkan susunan gardan dan jumlah roda pada ujung gardan, maka gardan kendaraan dibagi menjadi : sumbu tunggal roda tunggal, sumbu tunggal roda ganda, sumbu ganda atau sumbu tandem roda

tunggal, sumbu ganda atau sumbu tandem roda ganda, sumbu tripel roda ganda (Sukirman, 2010a, p. 32).

2.5.1.2 Beban Roda Kendaraan

Beban kendaraan dipindahkan ke permukaan jalan melalui area kontak antara ban dan jalan. Saat merancang ketebalan permukaan jalan, diasumsikan bahwa bidang kontak antara roda kendaraan dan permukaan jalan adalah lingkaran dengan jari-jari sama dengan lebar ban. Jari-jari tambalan kontak ditentukan oleh ukuran ban dan tekanan udara (Sukirman, 2010a, p. 37) . Beban roda kendaraan dapat diketahui melalui rumus berikut :

$$P = \pi p a^2$$
$$a = \sqrt{\frac{P}{p\pi}} \dots \dots \dots (2.1)$$

(Sukirman, 2010a, p. 37)

Dengan :

a = radius bidang kontak

P = beban roda

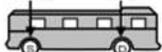
p = tekanan ban

Formula 2.1 menunjukkan bahwa ukuran ban dan tekanan ban mempengaruhi seberapa banyak beban roda yang dipindahkan ke permukaan jalan

2.5.1.3 Beban sumbu

Beban kendaraan dipindahkan melalui roda kendaraan, yang berulang selama umur jalan seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan yang melintasi jalan. Setiap kendaraan memiliki fokus yang dihasilkan dari desain kendaraan. Beban yang didistribusikan pada as kendaraan dipengaruhi oleh posisi pusat gravitasi kendaraan. Berbagai kendaraan mempunyai kontribusi yang berbeda pada permukaan jalan. Beban gandar setiap kendaraan yang didistribusikan dapat dilihat pada Tabel 2.1 menunjukkan distribusi bobot gandar untuk kendaraan yang berbeda seperti yang terlihat pada alat balok Benkelman di Manual Inspeksi Perkerasan Jalan Bina Marga.

Tabel 2. 1 Distribusi Beban Gandar untuk Berbagai Jenis Kendaraan

Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (ton)	Beban Muatan Maksimum (ton)	Berat Total Maksimum (ton)	
1.1 Mobil Penumpang	1,5	0,5	2,0	
1.2 Bus	3	6	9	 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> ⦿ Roda Tunggal Pada Ujung Sumbu ⦿ Roda Ganda Pada Ujung Sumbu </div>
1.2L Truk	2,3	6	8,3	 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> L = truk ringan H = truk berat </div>
1.2H Truk	4,2	14	18,2	
1.2.2 Truk	5	20	25	
1.2 + 2.2 Trailer	6,4	25	31,4	
1.2+ 2 Trailer	6,2	20	26,2	
1.2+ 2.2 Trailer	10	32	42	

Sumber : (Sukirman, 2010a, p. 40).

2.5.1.4 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati pada ruas jalan yang diamati selama satuan waktu yang telah memenuhi ketentuan dari hari, jam atau menit. Lalu lintas yang dihitung selama satu minggu yang selanjutnya dirata-ratakan menjadi lalu lintas rata-rata. Lalu lintas dalam satuan mobil penumpang yang menjadi dasar perhitungan untuk memprediksi tahun rencana. Lalu lintas harian kendaraan dihitung sesuai dengan periode pengamatan, bialamana diketahui kendaraan selama satu tahun maka lalu lintas harian rata-ratanya

dengan membagi jumlah hari selama satu tahun. Kendaraan yang melintas dalam periode tertentu maka untuk mengetahui jumlah kendaraan perhari yaitu dengan membagi jumlah kendaraan yang dibagi dengan jumlah hari pengamatan dan bisa diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

- 1) Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) merupakan jumlah lalu lintas harian yang dihasilkan dari rata-rata jumlah kendaraan selama satu tahun penuh, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah kendaraan satu tahun}}{365} \dots \dots \dots (2.2)$$

(Sukirman, 2010a, p. 46)

- 2) Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR), yaitu volume lalu lintas harian yang dihasilkan dari rata-rata jumlah kendaraan selama beberapa hari pengamatan, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}} \dots \dots \dots (2.3)$$

(Sukirman, 2010a, p. 46)

2.5.1.5 Repetisi Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas berupa berat kendaraan yang disalurkan melalui kontak antara roda dengan jalan merupakan beban berulang yang terjadi selama desain atau umur jalan. Ada beban dan konfigurasi gandar kendaraan yang berbeda sementara pengulangan beban dinyatakan dalam jalur gandar kendaraan. Kendaraan dengan konfigurasi gandar dan roda yang berbeda serta kapasitas muatan total disatukan menggunakan lintasan sumbu standar, juga dikenal sebagai *Equivalent Single Axle Load (ESA)* (Sukirman, 2010a, p. 48).

2.5.1.6 Beban Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Data lalu lintas dalam satuan kendaraan/hari tidak mencerminkan beban lalu lintas berulang yang dibebankan pada struktur jalan. Perkerasan dengan volume tertentu kendaraan/hari/2 arah akan mengalami pengulangan pembebanan yang lebih sering pada jalan dua lajur dua arah dibandingkan dengan jumlah yang sama, tetapi lebih banyak daripada pada jalan dua lajur empat lajur, dua arah. Frekuensi setiap lajur untuk beban lalu lintas dengan mempertimbangkan

prosentase kontribusi dari kendaraan yang melintasi pada ruas jalan (Sukirman, 2010a, p. 54). Rumus untuk menentukan pengulangan beban lintasan desain untuk tipe kendaraan yang berbeda dan konfigurasi gardan adalah sebagai berikut:

$$Q = \sum LHR_i \times DA \times DL \dots\dots\dots(2.4)$$

(Sukirman, 2010a, p. 54)

Dimana :

Q = Pengulangan beban lalu lintas untuk lajur perancangan,

LHR_i = Rata-rata lalu lintas harian untuk jenis kendaraan i,

DA = Koefisien distribusi untuk jenis kendaraan arah i

DL = Faktor distribusi untuk jalur yang dituju jenis kendaraan i.

2.5.2. Kondisi Bawah Permukaan / Daya Dukung Tanah

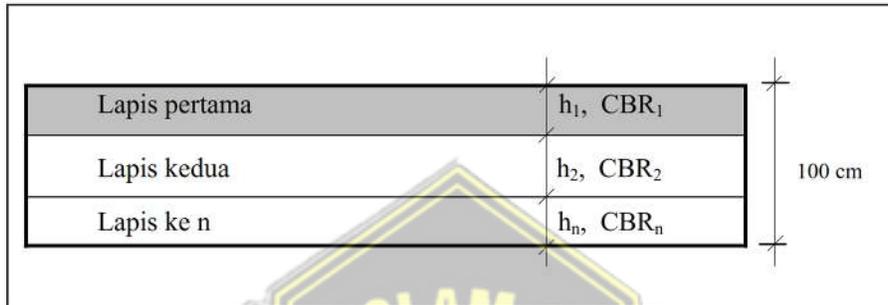
Tanah dasar (*Sub Grade*) dapat terdiri dari tanah asli, *subsoil* yang digali atau akumulasi tanah asli yang dibuat oleh pemadatan. Lapisan struktur jalan lainnya diletakkan di atas tanah dasar, sehingga kualitas daya tampung jalan bawah tanah mempengaruhi kualitas jalan secara keseluruhan. Parameter digunakan sebagai indikator kualitas lapisan tanah, diantaranya. *California Bearing Ratio (CBR)*, *Modulus Resilient (MR)*; *Penetrometer Conus Dinamis (Dynamic Cone Penetrometer)*. Pemilihan parameter yang akan digunakan tergantung rencana yang akan dipakai, serta metode analisis perkerasan yang akan digunakan (Sukirman, 2010a, p. 55).

2.5.2.1 Pemeriksaan *California Bearing Ratio (CBR)*

CBR dinyatakan sebagai persentase, adalah rasio tegangan yang diperlukan untuk menembus hingga kedalaman 0,1 inci atau 0,2 inci antara sampel tanah dan batu pecah biasa. Nilai CBR merupakan nilai empiris kualitas lapisan tanah bawah dibandingkan kerikil biasa dengan nilai CBR 100%. Uji CBR laboratorium mengikuti SNI 03-1744 atau AASHTO T193. Penguji terdiri dari area piston 3 in 2 yang digerakkan vertikal ke bawah dengan kecepatan 0,05 in/menit. Gaya yang dibutuhkan untuk kedalaman penetrasi tertentu diukur dengan cincin pengatur dan kedalaman penetrasi diukur dengan skala (Sukirman, 2010a, p. 56).

2.5.2.2 Nilai CBR titik pengamatan

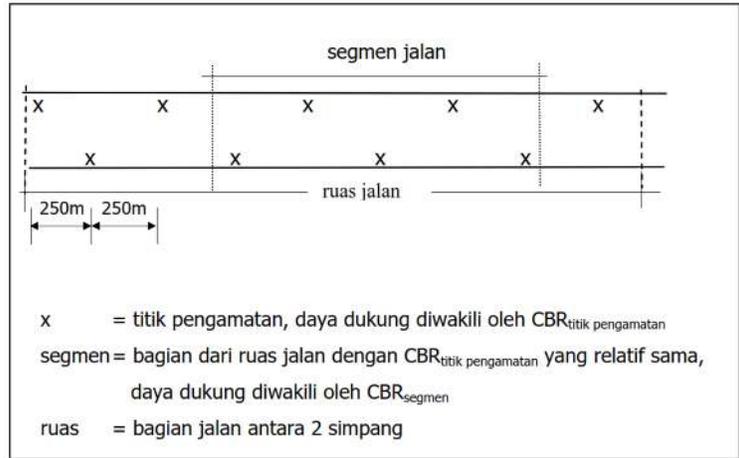
Daya dukung lapisan tanah bawah dinyatakan dengan nilai CBR yang menunjukkan daya dukung tanah pada kedalaman sampai dengan 100 cm. Lapisan sedalam satu meter yang dibuktikan dengan pengujian DCP mempunyai nilai CBR yang berbeda pada setiap lapisnya. Pengamatan satu titik pada lapisan tanah terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pengamatan Satu Titik pada Lapisan Tanah (Sukirman, 2010a)

2.5.2.3 CBR Segmen Ruas Jalan

Sepanjang jalan, jalan dapat melewati berbagai jenis tanah dan kondisi medan yang berbeda. Kapasitas daya dukung tanah dapat bervariasi dari buruk hingga baik atau sebaliknya. Jalan tersebut terbagi sepanjang panjangnya menjadi beberapa segmen yang daya dukungnya mempunyai nilai seragam. Ruas *section* jalan merupakan bagian dari ruas jalan yang mempunyai kondisi tanah, dan kondisi lingkungan yang relatif sama. Uji CBR harus dilakukan setiap 250 meter dan ditambahkan bila terdeteksi adanya perubahan jenis tanah atau kondisi lingkungan (Sukirman, 2010b, p. 63). CBR segmen jalan ilustrasi bisa dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Pengambilan CBR Segmen Ruas Jalan

(Sukirman, 2010b)

2.5.2.4 Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Tanah dasar yang digunakan untuk pondasi jalan bisa langsung dilakukan pengujian CBR lapangan atau dengan mengkorelasikan nilai empiris dari hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer*, yang dikenal sebagai DCP. Alat DCP memberikan informasi daya dukung *subsoil* hingga kedalaman 90 cm di bawah permukaan *subsoil*. Pukulan atau pemberat seberat 9,07 kg (20 lb) diangkat setinggi 20 inch atau 50,8 cm dijatuhkan melalui batang alat yang berdiameter 16 mm (5/8 inch). Persamaan yang digunakan dalam pengujian DCP adalah sebagai berikut :

DCP dengan kerucut 600 :

$$\text{Log}_{10} (\text{CBR}) = 2,8135 - 1,313 \text{ Log}_{10} \text{ DN} \dots\dots\dots(2.5)$$

(Sukirman, 2010a, p. 73)

Dimana :

DN = Dalam Tumbukana(mm)

DCP dengan kerucut 300 :

$$\text{Log}_{10} (\text{CBR}) = 1,352 - 1,125 \text{ Log}_{10} \text{ DN} \dots\dots\dots(2.6)$$

(Sukirman, 2010a, p. 73)

Dengan :

DN = Dalam Tumbukan (cm)

2.5.2.5 Modulus Resilient (MR)

Perbandingan tekanan yang menggambarkan terhadap beban roda kendaraan, nilai yang dihasilkan tidak berpengaruh terhadap suhu dan lingkungan. Nilai *Modulus Resilient* pada saat ada beban mempunyai yang berbeda dibandingkan dengan saat tidak ada beban roda, ini berarti dapat kembali lagi (*recoverable deformation*). Parameter *Modulus Resilient* sebagai penunjuk daya dukung tanah (*Sub Grade*) yang didapat dari pengujian langsung di lapangan atau dengan uji laboratorium. Pengujian di lapangan dengan alat DCP yang diambil beberapa titik sesuai ketentuan yang selanjutnya dikelompokkan menjadi CBR wakil. Pengujian di laboratorium dengan mengambil sampel tanah untuk diuji dilaboratorium dan hasil ini digunakan pada proses perhitungan perencanaan. Pengujian lapangan dan laboratorium keduanya dilakukan maka dari hasil keduanya dibandingkan dengan nilai terendah akan dijadikan dasar perhitungan perancangan perkerasan lentur. Persamaan *Modulus Resilient* adalah sebagai berikut :

$$M_R(\text{psi}) = 1.500 \times \text{CBR} \dots \dots \dots (2.7)$$

(Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 3)

Dimana :

MR = *Modulus Resilient*

CBR = *California Bearing Ratio*

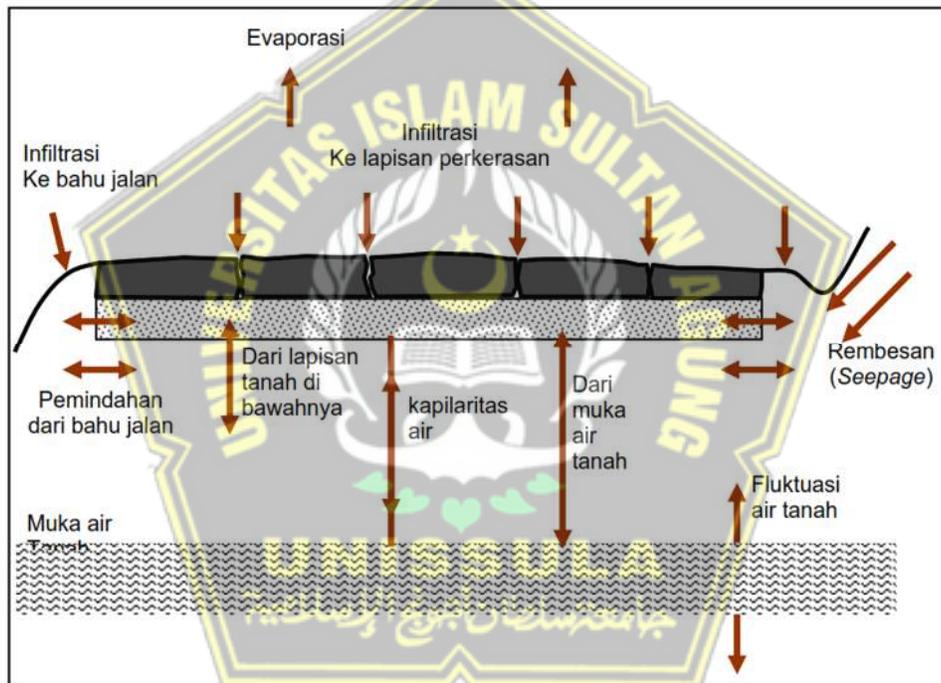
2.5.3. Fungsi Jalan

Kendaraan yang melintas pada ruas jalan menggambarkan beban lalu lintas pada ruas jalan tersebut.. Undang-Undang Nomor 02 Tahun 2002 menyebutkan bahwa jalan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu jenis dan fungsi. Jalan arteri diperuntukkan jarak jauh, jalan kolektor sebagai jalan penghubung dan jalan lokal dan lingkungan untuk pada daerah tersambungannya jalan kolektor yang nantinya disambungkan ke jalan arteri.

2.5.4. Kondisi Lingkungan

Daya tahan dari konstruksi jalan raya beberapa parameter dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Material perkerasan tidak diperlemah oleh pengulangan oleh

beban kendaraan tetapi faktor-faktor oleh cuaca dan air pada lingkungan sekitar menyebabkan penurunan kekuatan struktur jalan tersebut. Fluktuasi suhu pada siang dan malam hari menyebabkan penurunan kualitas struktur permukaan jalan, keausan dan kerusakan. Muka air tanah dibawah permukaan dengan adanya kapiler air dari bawah ke permukaan lambat laun berpengaruh terhadap perkerasan jalan. Lereng atas yang terdapat aliran bawah tanah bila tidak ditangani maka menjadikan air bisa langsung ke pondasi dari perkerasan jalan. Air hujan pada musim penghujan ataupun kemarau dengan adanya celah retak pada jalan akan mempercepat kerusakan dari struktur jalan. Gambar 2.7 menunjukkan aliran air yang dapat terjadi di sekitar struktur perkerasan.



Gambar 2. 7 Aliran Air di Sekitar Struktur Perkerasan Jalan
(Sukirman, 2010a, p. 87).

2.5.5. Kinerja Perkerasan

Pelayanan menentukan kinerja jalan, yang membuat Pengguna jalan merasa aman dan nyaman. Kinerja struktur perkerasan dipengaruhi oleh beberapa

faktor, misalnya kualitas masing-masing lapisan perkerasan menentukan kualitas stabilitas struktur. Ketidakrataan permukaan jalan berarti ketidakrataan permukaan jalan menyebabkan Pengguna yang merasakan ketidaknyamanan. Indeks permukaan jalan dengan nilai satu sampai lima. Nilai terkecil menyatakan bahwa jalan tersebut dalam kondisi tidak baik atau buruk dan nilai menuju yang teratas dengan nilai lima dengan kondisi jalan tersebut dalam kondisi yang sangat baik. Kondisi terburuk dari segi pelayanan tidak maksimal dalam melayani dari pengendara dan sebaliknya dengan kondisi sangat baik melayani pengendara dengan tingkat pelayanan yang nyaman, skala untuk mengevaluasi kinerja struktur perkerasan dengan rentang 1 (satu) sampai 5 (lima) terlihat pada Gambar 2.8.



2.5.6. Masa Pelayanan atau Umur Rencana

Masa layanan perkerasan jalan (Umur Rencana Perkerasan) jalan merupakan masa yang dibutuhkan sepanjang tahun sejak dibukanya baru sampai dengan selesainya perbaikan jalan. Selama perancangan, langkah-langkah pemeliharaan permukaan jalan juga harus dilaksanakan, misalnya lapisan non struktural yaitu lapisan permukaan yang tahan terhadap aus. Umur rencana perkerasan lentur untuk jalan baru selama dua puluh tahun dan untuk perbaikan jalan dengan umur rencana sepuluh tahun. Umur layanan dari perkerasan lentur yang

lebih dari 20 tahun tidak cocok yang tidak ekonomis dari segi biaya, hal ini disebabkan perkembangan lalu lintas yang pada tahun tertentu mengalami perkembangan yang lebih besar yang memerlukan biaya perbaikan yang tinggi. (Nur et al., 2020, p. 83).

2.6. Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen

Analisa komponen merupakan perhitungan perkerasan jalan lentur yang merupakan metode yang dikembangkan oleh Bina Marga yang asal mulanya dari metode AASHTO (*Association of American State Highway and Transportation Officials*). Kondisi alam yang berbeda antara Indonesia dengan Negara Amerika maka perhitungan awal dikembangkan menyesuaikan dengan kondisi aktual dan dinamakan Analisa Komponen. Metode perdana ini tahun 1987 (SKBI - 2.3.26.1987) dalam buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen, dalam Keputusan Menteri Pekerjaan Umum, Nomor 378/KPTS/1987, 31 Agustus 1987. Dalam perkembangan Metode Analisa Komponen diperbaharui pada tahun 2002 yaitu pada pedomann Pt T-01-2002-B mengenai Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur.

Analisa komponen yang diawali dari mengumpulkan data lalu lintas yang menjadi beban rencana selama umur perancangan, disesuaikan dengan tingkat pertumbuhan setiap tahunnya yang konstan atau sistem berubah. Daya dukung tanah suatu data yang harus dipersiapkan sebagai untuk ke perhitungan pondasi dari perkerasan tersebut. Beberapa angka koefisien diantaranya reabilitas, deviasi standar, standar normal deviasi, indeks permukaan yang terdiri dari indek permukaan awal dan indeks permukaan akhir.

2.6.1. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lalu lintas pada lajur rencana (W18) merupakan beban gandar konstan kumulatif dalam satuan ESA. Untuk mengarahkan lalu lintas ke lajur yang direncanakan ini, digunakan rancangan sebagai berikut:

$$W18 = DD \times DL \times \hat{w}18 \times 365 \dots\dots\dots (2.8)$$

(Yauri et al., 2016, p. 6)

Dimana :

- DD = Faktor Distribusi Arah
- DL = Koefisien Distribusi Lajur
- W18 = Beban Kumulatif di Kedua Arah

Lalu lintas kumulatif selama umur rencana dalam satuan ESA sebagai dasar analisis perkerasan lentur, dihasilkan dari mengalikan beban gandar standar kumulatif dari rute yang direncanakan untuk tahun tersebut (w18) dengan tingkat pertumbuhan lalu lintas. Secara numerik, pola lalu lintas kumulatif terlihat seperti persamaan berikut :

$$W18 = w18 \times ((1+g)^n - 1)/g \dots\dots\dots (2.9)$$

(Yauri et al., 2016, p. 6)

Dimana :

w18 = beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun

n = masa layan/umur rencana (tahun)

g = perkembangan lalu lintas (%)

2.6.2. Faktor Distribusi Arah dan Lajur

Faktor Distribusi Arah (DD) pada lalu lintas, dengan nilai dari 0.5 sampai 1, biasanya DD adalah 0,5. Kendaraan berat dengan arah cenderung kearah tertentu maka nilai distribusinya bukan lagi 0,5, tergantung pada arah mana yang dominan padat dan yang kosong. Berdasarkan pedoman perkerasan lentur nilai DD bisa diketahui pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Faktor DD (Distribusi Lajur)

Jumlah lajur per arah	Prosentase beban gandar standar dalam lajur rencana
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 - 75

Sumber : (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 6)

Kendaraan berat dan ringan nilai faktor distribusi yang direncanakan tergantung pada lajur dan arahnya. Sebaran jumlah dari volume lalu lintas pada

lajur dipengaruhi oleh tingkat lalu lintas, sehingga diperlukan pemetaan untuk mengetahui hal tersebut. Faktor distribusi kendaraan (DL) bisa menggunakan pendekatan yang sesuai pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*		Kendaraan berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,250	-	0,425
6	-	0,200	-	0,400

Keterangan : *) Mobil Penumpang **) Truk dan Bus (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013, p. 7)

2.6.3. Daya Dukung Tanah

Tanah dengan daya dukung yang baik membuat pondasi lebih stabil dan kuat. Sebaliknya, tanah dengan daya dukung rendah mudah merusak pondasi. Pembangunan jalan baru dilakukan tahap perancangan terlebih dahulu yang diawali dengan pengambilan data tanah, yang tujuannya mengetahui daya dukung tanah untuk perletakan konstruksi material perkerasan. Pengambilan daya dukung tanah pada untuk rencana pembangunan jalan dilakukan bisa dilakukan pengujian di lapangan terlebih dahulu.

Kapasitas beban dinyatakan dengan parameter DDT (Daya Dukung Tanah) yang berkorelasi dari nilai CBR. CBR wakil pada segmen yang ditentukan sebagai dasar penentuan DDT mewakili sebidang jalan (Sukirman, 2010a, p. 146).

Besaran CBR menurut Bina Marga 2017 :

a) Metode distribusi normal standar

Data valid yang memadai tersedianya minimum sepuluh titik pada setiap segmen ruas jalan rencana, rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$CBR = \text{rata-rata CBR} - f \times \text{standar deviasi}$

- $f = 1,645$ (probabilitasnya 95%), digunakan untuk jalan tol.
- $f = 1,282$ (probabilitasnya 90%) digunakan pada jalan arteri.

- $f = 0,842$ (probabilitasnya 80%), digunakan pada jalan kolektor dan lokal. CBR segmen dengan nilai tidak lebih dari dua puluh lima persen untuk data titik lebih dari sepuluh titik, bilamana jumlah titik kurang dari sepuluh maka maksimum perbedaan tiga puluh persen bisa digunakan dan nilai CBR terendah direpresentasikan menjadi CBR wakil.

b) Metode persentil

Distribusi data CBR pada ruas jalan dikelompokkan menjadi beberapa segmen pada kelompok mempunyai nilai yang seragam. Bagian nilai presentile yang terbagi menjadi dua bagian yang berisi nilai CBR dan nilai yang dikurang dengan persen data. Nilai terpilih persentil yang kesepuluh yang berarti kurang dari atau sama dengan sembilan puluh persen CBR dari nilai persentil yang ditentukan.

2.6.4. Reliabilitas (R)

Reliabilitas merupakan upaya untuk keamanan desain dalam proses guna memastikan berbagai pilihan selama beberapa periode bertahan. Faktor keandalan desain memperhitungkan kemungkinan fluktuasi dalam prakiraan lalu lintas (w_{18}) dan beban rencana (W_{18}) dengan demikian menunjukkan tingkat keandalan (R) dimana ruas jalan akan berlanjut dalam interval waktu yang direncanakan. Tabel 2.4 menunjukkan tingkat keandalan yang direkomendasikan berbagai klasifikasi jalan. Tingkat kepercayaan tinggi pada jalan bebas hambatan dengan nilai tingkat reliabilitas sampai 99,9% dan nilai terendah pada jalan lokal dengan tingkat reliabilitas dengan nilai 50%.

Tabel 2. 4 Reliabilitas untuk Berbagai Klasifikasi Jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99.9	80 – 99.9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber : (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 5)

2.6.5. Standar Deviasi (So)

Nilai sampel dan rata-rata yang diperbandingkan yang mempunyai nilai perbedaan hal ini yang disebut dengan *standart deviasi*. Deviasi semakin kecil semakin mendekati nilai rata-rata, semakin besar deviasi semakin menjauh dari nilai rata-rata. Nilai statistik pada data dari beberapa sampel untuk mengetahui nilai rata-rata dari data sampel. *Standard deviasi* total kesalahan estimasi efisiensi lalu lintas jalan dari distribusi normal adalah antara 0,4 dan 0,5 (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 5) .

2.6.6. Indek Permukaan Awal (IP0) dan Akhir Desain (IPt)

Ketidakrataan serta kekokohan pada perkerasan jalan menunjukkan indeks kualitas dari layanan lalu lintas. Indek permukaan dengan nilai satu sampai dua setengah. Nilai satu permukaan jalan dinyatakan rusak parah dan nilai tertinggi dengan nilai dua setengah menyatakan permukaan jalan masih dalam keadaan baik. Nilai indek permukaan jalan sebagai berikut :

IP = 2,5 : permukaan jalan masih sangat stabil dan baik.

IP = 2.0 : kondisi permukaan jalan stabil dengan tingkat layanan yang rendah.

IP = 1,5 : kondisi jalan rusak dengan tingkat pelayanan yang serendah mungkin.

IP = 1,0 : Permukaan jalan ditemukan dalam keadaan rusak parah, menyebabkan gangguan parah pada lalu lintas kendaraan.

2.6.7. Koefisien Kekuatan Bahan

Faktor kekuatan relatif dari bahan perkerasan jalan dan penggunaannya sebagai lapis permukaan, tanah dasar, *Subgradasi* ditentukan dengan korelasi menggunakan nilai uji Marshall (untuk bahan aspal) dan kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur) atau dengan CBR (untuk bahan Lapis Fondasi Bawah). Faktor kekuatan relatif (a1) lapisan permukaan aspal dengan nilai 0,35 sampai 0,40 (Departemen Pekerjaan Umum, 1987, p. 12). Faktor kekuatan relatif (a2) lapisan pondasi, yang diperuntukkan untuk Lapis Fondasi Atas ditentukan menurut Persamaan 2.10 .

Koefisien Kekuatan Relatif (a2).

$$a_2 = 0,249 (\log EBS) - 0,977 \dots\dots\dots(2.10)$$

(Nur et al., 2020, p. 135)

Dimana :

a2 = Koefisien Relatif Lapis Fondasi Atas

EBS = *Modulus* Elastisitas Lapis Fondasi, psi.

Koefisien kekuatan relatif (a3) untuk Lapis Fondasi ditentukan dengan menggunakan Rumus 2.11.

$$a_3 = 0,227 (\log ESB) - 0,839 \dots\dots\dots(2.11)$$

(Nur et al., 2020, p. 136)

2.6.8. Tebal Minimum Perkerasan Lentur

Ketebalan lapisan perkerasan, efisiensi biaya, efisiensi konstruksi dan kendala pemeliharaan harus dipertimbangkan untuk mencegah desain menjadi tidak praktis. Konstruksi perkerasan jalan dari pondasi, lapis pekerasan dari agregat, aspal mempunyai ketebalan minimum. Perhitungan perkerasan dengan hasil dibawah ketebalan minimum maka dikonversikan ke ketebalan minimum dari masing-masing perkerasan. Tabel 2.5 menunjukkan ketebalan minimum keausan aspal beton dan lapis pondasi agregat.

Tabel 2. 5 Tebal Minimum Perkerasan Lentur Lapis Permukaan Jalan

ITP	Tebal min (cm)	Bahan
<3,00	5	Lapis pelindung (Burtu, Burda, Buras)
3,00 – 6,70	5	Laston, Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag
6,71 – 7,49	7,5	Laston, HRA, Lasbutag
7,50 – 9,99	7,5	Laston, Lasbutag
≥10,00	10	Laston

Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum, 1987, p. 13)

2.6.9. Rumus Dasar Metode Analisa Komponen

Perhitungan perkerasan dengan menggunakan metode analisa komponen ada dua cara yaitu dengan menggunakan nomogram dan menggunakan persamaan logaritma, yang dapat diselesaikan dengan metode *Trial and error*. Dalam penyelesaian perhitungan tebal perkerasan beberapa nilai-nilai yang harus disediakan yaitu dari jumlah beban sumbu standar, deviasi normal standar, gabungan standar error untuk perkiraan lalu lintas, perbedaan antara initial *design serviceability index* (I_{p0}) dan *design terminal serviceability index* (I_{pt}), *Modulus Resilient* dan Indeks permukaan jalan hancur (minimum 1,5). Rumus dasar metode analisa komponen adalah sebagai berikut :

$$\log_{10}(W18) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{1094} \right]}{0,4 + \frac{1}{(ITP+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(M_R) - 8,07 \dots \dots \dots (2.12)$$

(Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 16).

- Dimana :
- W18 = Perkiraan jumlah lalu lintas rencana yang diekivalenkan ke beban standar (ESA).
 - ZR = Deviasi normal standar.
 - S0 = Gabungan standard error untuk perkiraan lalu-lintas dan kinerja.
 - ΔIP = Perbedaan antara initial design serviceability index, I_{p0} dan design terminal serviceability index, I_{pt}
 - MR = *Modulus Resilient*.
 - I_{pf} = Indeks permukaan jalan rusak/hancur (min. 1,5)

2.6.10. Indek Tebal Perkerasan

Nilai struktural perkerasan lentur pada tebal konstruksi dengan nilai Indek Tebal Perkerasan (ITP) menunjukkan angka struktural dari jalan. Gabungan nilai struktur dari *layer* permukaan, *layer* pondasi atas dan *layer* pondasi bawah. Menentukan ITP, diperlukan faktor proporsional sehingga ketebalan lapisan tiap lapisan dikalikan dengan faktor koefisien dari bahan perkerasan, dapat dijumlahkan. Bahan konstruksi perkerasan setiap lapis mempunyai kekuatan relatif

yang berbed, pada lapis permukaan aspal dengan uji marshall dan pada lapis pondasi dengan uji tekan. Persamaan nilai ITP dari jumlah koefisien masing-masing *layer* yang dikalikan dengan faktor drainase, yang tertuang pada rumus 2.13.

$$ITP = a_1D_1 + m a_2D_2 + m a_3D_3 \dots\dots\dots(2.13)$$

(Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 16)

Dimana :

- ITP = Indeks Tebal Perkerasan;
- a1 = Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Permukaan;
- a2 = Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi;
- a3 = Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Bawah;
- D1 = Tebal Lapis Permukaan;
- D2 = Tebal Lapis Pondasi;
- D3 = Tebal Lapis Pondasi Bawah;

2.7. Perancangan Tebal Perkerasan Lentur dengan *Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0

Software Desain Perkerasan Jalan versi 2.0 (SDPJ2) adalah merupakan Perangkat Lunak Perancangan Perkerasan Jalan Lentur dari pengembangan Bina Marga dengan menggunakan perangkat lunak. Bina Marga mengeluarkan beberapa pedoman perancangan tebal perkerasan jalan yang terakhir yaitu yang tertuang pada No. 02/M/BM/2017 atau yang dikenal dengan sebutan MDP 2017.

Beberapa prinsip utama dari perangkat lunak ini adalah:

1. *Software* ini merupakan program modular dan bukan program terintegrasi, dimana modul fungsional terdiri dari Modul Rancangan Jalan Baru dan Modul Rancangan Jalan Eksisting.
2. Setiap modul berisi langkah-langkah desain yang akan diimplementasikan sesuai panduan MDP versi 2017.
3. Konsep Desain Perangkat lunak desain mencakup daftar semua fase desain dan opsi keluaran dalam bentuk harga komponen dan biaya konstruksi untuk menyediakan ruang alternatif untuk pemilihan spesifikasi yang diinginkan oleh desainer/klien.

4. Teknis input data yang digunakan mengacu pada MDP versi 2017 dan jika data baru sudah tervalidasi sesuai kebutuhan perancangan maka dapat digunakan sebagai input data. Format data dimasukkan ke dalam program Excel menggunakan template yang disediakan untuk setiap data yang digunakan untuk analisis.

2.7.1. Umur Rencana

Umur rencana untuk perkerasan jalan lentur, sudah ditentukan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga terbagi menjadi dua, yaitu perancangan pondasi jalan dan perkerasan jalan. Perancangan pondasi jalan yang sudah ditentukan yaitu selama 40 tahun, ini dimaksudkan pondasi jalan bisa melayani kendaraan yang melintasi kendaraan selama 40 tahun. Dan untuk perkerasan jalan dari perkerasan permukaan dan perkerasan pondasi jalan dengan umur rencana 20 tahun. Umur rencana perkerasan yang mengacu pada MDP 2017 bisa dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Umur Rencana Perkerasan Baru

Jenis perkerasan	Elemen perkerasan	Umur rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan berbutir	20
	Fondasi jalan Perkerasan pada daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan)	40
Perkerasan kaku	<i>Cement Treated Based / CTB</i>	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen	Min. 10

Sumber : (Bina Marga, 2017)

2.7.2. Tipe Jalan

Tipe jalan kota dan antar kota terdiri dari dua lajur - satu arah tanpa median, dua lajur - dua arah tanpa median, empat lajur dua arah tanpa median, empat lajur dua arah dengan median dan enam lajur – dua arah dengan median. Penentuan tipe

jalan yang didasarkan atas ukuran kota, alinyemen dari trase jalan, hambatan samping, kapasitas jalan. Pembagian tipe jalan sebagai berikut :

1. Jalan Dua Lajur – satu arah tidak terbagi (2/1 UD)

Jenis jalan ini dengan lebar lima meter sampai 10,5 meter, dengan lebar bahu efektif selebar dua meter. Existing jalan dengan dua lajur satu arah tanpa median. Dua lajur satu arah tanpa median dengan hambatan samping yang sangat rendah. (MKJI, 1997, p. 5.24)

2. Jalan dua arah tanpa median (2/2 UD)

Jenis jalan dengan arah kendaraan dua arah dan tanpa terbagi oleh median. Lebar badan jalan perkotaan dengan lebar mencapai 10,5 meter dan bahu efektif dengan lebar dua meter. Ukuran pada jenis jalan ini dengan ukuran satu sampai tiga juta tergolong hambatan rendah. (MKJI, 1997, p. 5.23).

3. Empat lajur dalam 2 arah tak terbagi (4/2 UD)

Jalan dengan empat lajur dua arah tanpa terbagi oleh median. Lebar badan jalan jalur lalu lintas dengan lebar efektif empat belas meter dengan bahu normal satu setengah meter. Distribusi arah arus lalu lintas 50% kearah normal dan 50% arah opposite. Perlengkapan jalan dengan trotoar pada daerah perkotaan dan kondisi datar. (MKJI, 1997, p. 5.23) .

4. Empat lajur dua arah dengan median (4/2 D)

Jalan empat lajur dengan arus kendaraan dua arah dilengkapi dengan median. Lajur dengan lebar tiga setengah meter dan lebar total mencapai empat belas meter dengan trotoar tanpa bahu jalan. Arak kendaraan 2 arah 50 – 50, ukuran kota 1,0-3,0 juta , kondisi medan jalan tergolong datar (MKJI, 1997, p. 5.23).

5. Enam lajur dua arah dilengkapi pemisah (6/2D)

Lajur sebanyak enam, pada jalan ini dengan lebar 18 meter sampai 24 meter. Lebar setiap lajurnya 3,5 meter yang dilengkapi dengan pemisah lajur dengan median untuk tepi jalan dengan trotoar/tanpa bahu jalan. jalan ini terletak pada daerah perkotaan pada daerah datar dengan ukuran kota satu hingga tiga (MKJI, 1997, p. 5.23).

Penentuan tipe jalan pada aplikasi SDPJ2 sudah disediakan menu panel, tinggal dipilih untuk tipe jalan sesuai yang direncanakan. Panel tipe jalan bisa dilihat pada Gambar 2.9.

Tipe Jalan

2/1 UD 4/2 UD 6/2 D
 2/2 UD 4/2 D

Gambar 2. 9 Penentuan Tipe Jalan

2.7.3. Faktor Distribusi Arah

Distribusi arah berperan pada jumlah komulatif kendaraan. Nilai ini arah mempengaruhi jumlah beban rencana kendaraan yang melintas pada akhir rencana. Perhitungan beban lalu lintas yang dihitung dari awal dibukanya jalan sampai akhir dari umur rencana. Faktor distribusi arah dengan nilai 0,5 atau 50% pada ruas jalan dengan dua arah yang berimbang. Kondisi arah dengan kendaraan berat dengan dominan arah tertentu maka distribusi arah tidak lagi 50%. Angka yang digunakan pada arus kendaraan yang arah kendaraan berat yang lebih dominan bisa dinaikkan sampai ke 0,7.

2.7.4. LHR/Lalu-lintas Harian Rata-rata Tahun Pertama

Jumlah kendaraan yang melintas pada periode tahun pertama menjadi dasar perhitungan lalu lintas. Perhitungan jumlah kendaraan dari total kendaraan yang dibagi dengan periode pengambilan. Klasifikasi dari kendaraan yang dicatat ada delapan golongan, dari sepeda motor, mobil, bus, truk dan kendaraan tidak bermotor. Direktorat Jenderal Bina Marga telah membagi jenis kendaraan sebagai berikut :

1. Sepeda Motor, Skuter, Kendaraan roda tiga.
2. Kendaraan pribadi yang terdiri dari Sedan, Jeep dan Station Wagon
3. Kendaraan umum yang terdiri dari Opelet, Pick up Opelet. Suburban, Kombi dan Minibus.
4. Pickup, Mikro truk dan Mobil hantaran
 - 5a. Bus Kecil
 - 5b. Bus Besar
 - 6a.1 Truk 2 sumbu – *cargo* ringan

- 6a.2 Truk 2 sumbu – ringan
- 6b1.1 Truk 2 sumbu – cargo sedang
- 6b1.2 Truk 2 sumbu – sedang
- 6b2.1 Truk 2 sumbu – berat
- 6b2.2 Truk 2 sumbu – berat
- 7a1. Truk 3 sumbu – ringan
- 7a2. Truk 3 sumbu – sedang
- 7a3. Truk 3 sumbu – berat
- 7b. Truk gandengan
- 7c1. Truk 4 sumbu – trailer
- 7c2.1 Truk 5 sumbu – trailer
- 7c2.2 Truk 5 sumbu – trailer
- 7c3 Truk 6 sumbu - trailer
- 8 . Kendaraan tidak bermotor (Bina Marga, 2017)

2.7.5. VDF (*Vehicle Damage Factor*)

Perancangan tebal perkerasan berdasarkan dari beban lalu lintas pada ruas jalan yang direncanakan. Beban lalu lintas dari perhitungan kendaraan yang diekivalenkan ke beban *Equivalent Standard Axles* (ESA). Kendaraan dengan berat di atas delapan ton mempunyai nilai yang bisa merusak dari perkerasan jalan aspal. Parameter kendaraan ke beban standar yang merusak perkerasan dinamakan *Vehicle Damage Factor* (VDF) yang berdasarkan muatan sumbu terberat dari kendaraan. Kendaraan yang melintas di wilayah Indonesia dari wilayah barat (Sumatera dan sekitarnya), wilayah tengah (Kalimantan dan sekitarnya), wilayah timur (Papua dan sekitarnya) mempunyai nilai VDF yang tidak sama. Perancangan nilai VDF, Bina Marga tahun 2017 mengeluarkan nilai VDF pada masing-masing daerah.

2.7.5.1 VDF Suplemen MDP 2017

VDF Suplemen MDP 2017 Nilai VDF mengacu kepada MDP 2017, yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga yang sudah disesuaikan dengan masing-masing

daerah yang berdasarkan dari hasil pengujian WIM test. Kendaraan yang didata untuk pengolahan analisis dengan menggunakan VDF yang sudah dikeluarkan oleh Bina Marga. Beban untuk perhitungan dengan beban sumbu terberat sebesar 12 Ton (Bina Marga, 2017, p. 4.4). Nilai VDF bisa dilihat pada Tabel 2.7 Kendaraan Niaga.

Tabel 2. 7 VDF Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	8,0	11,9	6,5	8,8	8,8
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	19,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	-

Sumber. (Bina Marga, 2017, p. 4.5).

Penggunaan VDF Suplemen MDP 2017 pada *Software* SDPJ2, program secara default akan memproses berdasarkan nilai yang sudah disiapkan oleh program, penggunaan program seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Pemilihan VDF Suplemen MDP 2017

2.7.5.2 VDF Mandiri

VDF mandiri merupakan data VDF yang berbeda dengan data VDF yang tercantum dalam MDP 2017 dan yang nilainya didapat dari hasil pengukuran beban aksial horizontal atau WIM untuk tujuan desain yang relevan, atau dari perkiraan data VDF dari sumber atau provinsi lain untuk lebih mencerminkan kondisi lalu

lintas. VDF mandiri didapat dari pengujian langsung yang angka didapat digunakan untuk perhitungan perkerasan. Pemilihan VDF Mandiri bisa dilihat seperti pada Gambar 2.11.

Gambar 2. 11 Pemilihan VDF Mandiri

Menggunakan data Mandiri VDF, dengan mengaktifkan tombol Mandiri dengan mengambil data Mandiri VDF dalam file Excel.

2.7.6. Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Laju pertumbuhan lalu lintas diprediksi untuk mengetahui beban rencana dalam merencanakan perkerasan jalan. Menentukan perkiraan jumlah kendaraan di jalan di masa depan atau usia yang direncanakan. Jumlah kendaraan melintas, jalan dapat dirancang dengan "tingkat pelayanan" yang diharapkan. Volume lalu lintas masa depan dihasilkan dari hasil survei aktual saat pengambilan data yang selanjutnya ditambahkan dengan pertumbuhan setiap tahunnya, terus menerus dengan perhitungan yang sama sampai akhir masa layanan atau akhir umur rencana. Pertumbuhan lalu lintas, Bina Marga sudah mengeluarkan persentase pertumbuhan dari satu persen sampai empat koma delapan persen, yang tertuang pada MDP 2017. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas bisa dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Daerah Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata di Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,8	4,83	5,14	4,75
Kolektor	3,5	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber : (Bina Marga, 2017, p. 4.3).

2.7.6.1 Konstan

Laju pertumbuhan lalu lintas dengan asumsi tidak ada perubahan tiap tahunnya. Umur rencana perkerasan lentur dengan umur pada pembangunan jalan baru selama 20 tahun, perhitungan selama 20 tahun untuk prosentase pertumbuhannya tetap/tidak ada perubahan. Dilakukan peramalan lalu lintas pada tahun terakhir umur rencana. Prosentase lalu lintas pada *Software* SDPJ2 bisa dilihat pada Gambar 2.12. Laju Pertumbuhan Lalu Lintas Konstan.

Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Konstan
 Berubah

<input checked="" type="radio"/> Arteri & Perkotaan	4.8	%
<input type="radio"/> Kolektor Rural	3.5	%
<input type="radio"/> Jalan Desa	1	%

Gambar 2. 12 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas Konstan

2.7.6.2 Berubah

Pertumbuhan prosentase lalu lintas pada setiap perancangan disesuaikan dengan ruas jalan yang direncanakan, bisa dengan pertumbuhan dengan nilai konstan atau dengan prosentase yang berubah pada sebelum akhir perancangan. Laju pertumbuhan lalu lintas pada program SDPJ2 terbagi menjadi dua periode, dari perencana bisa memasukkan lama periode pertama dan dilanjutkan ke periode yang ke dua dengan angka pertumbuhan prosentase yang berbeda. Laju pertumbuhan lalu lintas berubah bisa dilihat pada Gambar 2.13.

Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Konstan
 Berubah

Periode 1	40	th.	4.8	%
Periode 2	0	th.	4.8	%

Gambar 2. 13 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas Berubah

2.7.7. Kapasitas Jalan

Volume kendaraan yang menggunakan jalan dalam perancangan dihitung apakah masih dalam batas normal atau sudah melebihi dari ketentuan dan prediksi ini yang disebut dengan kapasitas jalan, yang berkaitan dengan kemampuan jalan dalam melayani volume lalu lintas. Derajat kejenuhan yang menjadi tolok ukur dari kapasitas jalan, dengan nilai nol sampai satu. Nilai nol dianggap jalan tersebut bisa melayani dengan sangat baik dan dengan nilai mendekati satu maka jalan tersebut tidak melayani kendaraan dalam keadaan baik.

Prediksi dari kapasitas jalan dihitung pada saat perancangan, untuk mengetahui lebar jalan yang direncanakan efektif sesuai dengan kaidah perancangan. Umur rencana yang menjadi tolok ukur dan perhitungan kapasitas dari beban rencana, tentunya kapasitas jalan harus melampaui dari ketetapan dari masa perancangan. Kapasitas jalan dengan mengisikan tipe jalan, dengan pilihan datar, perbukitan dan atau gunung. Menu sudah terisi secara keseluruhan langsung bisa dihitung dan dengan hasil kapasitas jalan tercapai di tahun terakhir. Kapasitas Jalan pada aplikasi bisa dilihat pada Gambar 2.14.

Kapasitas Jalan

MKJI 1997 Mandiri

Tipe Alinyemen: Gunung Kelas Hambatan Samping: M

Lebar Lajur Efektif (total 2 arah): 7 m Lebar Bahu Efektif: <= 0.5 m

Hitung ■ Kapasitas jalan tercapai tahun ke: 39

Gambar 2.14 Kapasitas Jalan

2.7.8. Beban Rencana

Beban rencana merupakan beban sumbu standar komulatif yang berupa nilai *Cummulative Equivalent Single Axle* (CESA5). Dasar dari perhitungan beban rencana yang sudah ditetapkan oleh Bina Marga pada Manual Perkerasan Jalan 2017 adalah sebagai berikut :

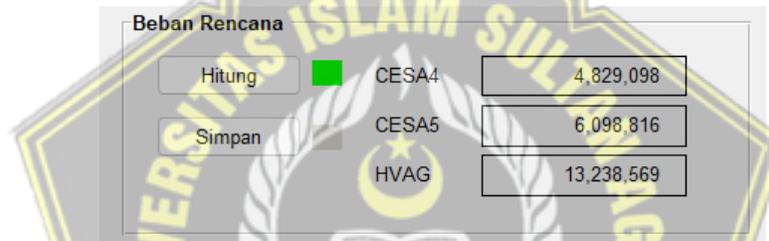
$$ESATH-1 = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots 2.14$$

(Bina Marga, 2017, p. 4.7).

Dimana :

- ESATH-1 : Kumulatif lintasan sumbu konstan yang sesuai pada tahun pertama.
- LHRJK : Lalu Lintas harian rata-rata untuk setiap jenis kendaraan niaga (per unit kendaraan).
- VDFJK : Faktor yang sesuai dengan beban (*vehicle damage factor*) untuk setiap jenis kendaraan niaga
- DD : koefisien distribusi arah
- DL : Faktor Pemisahan Lajur
- CESAL : Akumulasi beban gandar standar yang setara selama masa pakai.
- R : Faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif (Bina Marga, 2017, p. 4.7)

Program SDPJ2 untuk perhitungan Cesa dengan otomatis menghitung, dengan ditandai menyala warna hijau yang berarti aktif, seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Beban Rencana

2.7.9. CBR (*California Bearing Ratio*) Minimum

Pengujian lapangan langsung untuk mengetahui daya dukung setiap lapisan tanah menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Tanah dasar pada perkerasan jalan harus mempunyai daya dukung minimum yang sekurang-kurangnya CBR minimum 6% (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020, pp. 3–34). Bilamana tanah dasar tidak mencapai 6 % maka dilakukan perbaikan tanah dasar terlebih dahulu. Perbaikan tanah dasar bisa menggunakan lapis geotektile ini untuk pada tanah dasar dibawah dua persen dan dengan timbunan pilihan atau lapis penopang berbutir. Sedangkan pada kondisi tanah dengan nilai CBR antara dua sampai enam persen maka diperlukan perbaikan dengan menambahkan lapis penopang berupa tanah pilihan berbutir. Ketebalan lapis penopang pada tanah dengan CBR dibawah 6% bisa dilihat pada Tabel 2.9 CBR Tanah dasar minimum 6%.

Tabel 2. 9 CBR Tanah Dasar dengan CBR < 6%

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang ⁽⁴⁾ dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

Sumber : (Bina Marga, 2017, pp. 6–12)

2.7.10. Desain Fondasi

Mendapatkan nilai CBR yang sebenarnya, harus dilakukan stress test. Lapisan bawah tanah setiap lapisnya mempunyai daya dukung yang tidak seragam. Prosedur dalam pengambilan sampel, dilaksanakan dengan benar menghasilkan kecil kemungkinan menyimpang dari perancangan. Pengujian lapangan langsung diambil sepanjang ruas yang direncanakan dengan interval maksimum 250 meter. Data yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk menjadi acuan pengambilan sampel uji laboratorium. Hasil data lapangan dan laboratorium didapat untuk menjadi dasar dari perhitungan desain pondasi jalan yang sedang direncanakan. Panel desain fondasi pada aplikasi bisa dilihat pada Gambar 2.16.

The screenshot shows the 'DESAIN FONDASI' software interface. It features a control panel on the left with buttons for 'Ambil', 'Proses', and 'OK'. The main area contains a data table with the following columns: Sta., % lolos saringan 0.075mm, LL (%), FI (%), Kadar air asli (%), Kadar air optimum (CBR lab)(%), Jenis tanah, Swelling (%), Level muka air tanah di bawah tanah dasar (mm), Rentang tipikal CBR (%), CBR Dagan Desain I (%), CBR lab (%), CBR DCP (%), Tanah problematik, and CBR (%). The table contains 10 rows of data, all with a green background.

Gambar 2. 16 Desain Fondasi

2.7.11. Segmentasi

Kondisi jalan sepanjang ruas yang direncanakan dilihat dari segi geoteknik mempunyai data yang tidak sama. Data-data dilihat secara keseluruhan untuk dikelompokkan berdasarkan nilai-nilai yang dianggap seragam. Ruas jalan yang

direncanakan bisa dibagi menjadi beberapa segmen sesuai keseragaman dari data yang didapat. Panjang segmentasi tidak harus sama, pada segmen satu dengan segmen lainnya bisa berbeda, bisa lebih panjang atau lebih pendek atau sebaliknya. Pengelompokan data dengan segmentasi yang tidak terlalu pendek. Nilai CBR yang dihasilkan sangat bervariasi nilai CBR segmen seragam pendek atau nilai CBR segmen panjang yang lebih konservatif, segmentasi CBR bisa dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 17 Segmentasi CBR

2.7.12. Hasil Analisis

Tahapan perancangan yang dilakukan dari tahap awal, dilanjutkan ke tahapan berikutnya sesuai panel-panel yang disediakan oleh *Software* perkerasan jalan lentur ini. Setiap tahapan tentunya dilakukan pengecekan apakah data-data yang dimasukkan ke program sudah sesuai dengan ketentuan dari *Software* atau tidak. Data yang dimasukkan ke *Software* menghasilkan dengan hasil akhir dari program ini. Output analisis program ini yaitu hasil akhir perkerasan dan ketebalan perbaikan tanah bilamana tanah dasar dengan CBR yang kurang dari 6%. Hasil perkerasan jalan keluar beberapa opsi, sehingga Pengguna bisa memilih menentukan perkerasan mana yang nantinya digunakan pada pembangunan jalan, yang terlihat pada Gambar 2.34. dan hasil perbaikan fondasi bisa langsung dilihat pada program tersebut seperti pada Gambar 2.18.

Hasil

Lihat segmen 1 Dr. sta. 60400 Sd. sta. 62000 CBR fondasi 28 %

Bagan Desain	Opsi	Material	Tebal (mm)	Peringkat estimasi biaya
		LFA A	300	
		LFA B	140	
5	3	Burda		1
		LFA A	300	
		kerikil alam	140	
5	4	Burda		2
		LFA A	300	
		tanah semen	140	
6	1	HRS WC	50	23
		LFA A	300	
		LFA A	200	
		tanah semen	260	

Gambar 2. 18 Hasil *Output* Perkerasan

2.8. Penelitian Terdahulu

Kesenjangan penelitian paling sering ditemukan dalam penelitian atau kehidupan profesional dan kesenjangan penelitian sering digunakan untuk mengetahui apakah penelitian sebelumnya sampai pada kesimpulan yang sama. Research gap merupakan penelitian yang melihat adanya perbedaan antara hasil penelitian dengan temuan yang ditemukan. Research gaps dibuat, salah satunya adalah ada sesuatu yang terlewatkan sehingga menghasilkan hasil yang berbeda. Research gap yang diakibatkan oleh konsep, perbedaan hasil, data, atau perbedaan teoritis antara hasil penelitian sebelumnya dengan hasil lapangan saat ini. Akhirnya mengarah pada peluang dan celah untuk penelitian lebih lanjut. Penulisan mengenai perkerasan jalan bisa dilihat pada Tabel. 2.10 Tabel Rangkuman Referensi.

Tabel 2. 10 Rekapitulasi Penelitian – Penelitian Terdahulu

NO.	Judul, nama, tahun	Tujuan	Metode Evaluasi Perkerasan	Hasil Penelitian
1	Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Antara Metode Aashto 1993 Dengan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 (Studi Kasus: Jalan Lingkar Luar Barat Kota Surabaya)(Amaludin, n.d.) .	Membandingkan hasil analisis AASHTO dengan analisis Manual Desain Perkerasan 2017.	Analisis Metode AASHTO 1993 dan Manual Desain Perkerasan 2017	Hasil analisis perkerasan jalan lentur metode AASHTO dengan tebal 88 cm, sedangkan Manual Desain Perkerasan tahun 2017 menghasilkan ketebalan 64,5 cm. Perhitungan analisis AASHTO 1993 menghasilkan tebal perkerasan lebih tebal dibandingkan dengan Manual Desain Perkerasan 2017.

2	<p>Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Analisa Komponen SNI 17321989-F Ruas Jalan Raya Mulya Sari kecamatan Pamanukan Sampai Kecamatan Binong Kabupaten Subang Propinsi Jawa Barat (Arthono & Permana, 2022b).</p>	<p>Menghitung tebal perkerasan lentur pada Ruas Jalan Raya Mulya Sari kecamatan Pamanukan Sampai Kecamatan Binong Kabupaten Subang Propinsi Jawa Barat</p>	<p>Analisis Metode Analisa Komponen SNI 1732-1989</p>	<p>Hasil perhitungan Ruas Jalan Mulya Sari Kec. Pamanukan Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat panjang 11 Km, menghasilkan perkerasan laston permukaan 10 cm, laston pondasi 20 cm dan lapis pondasi bawah (Aggregat Kelas A) 3 cm.</p>
---	--	--	---	---

3	<p>Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Jalur Lintas Selatan (JLS) Lot9 Kabupaten Malang (Saputra et al., 2022).</p>	<p>Tebal perkerasan yang tepat untuk menahan beban yang akan melewatinya kemudian direncanakan ukuran saluran drainase agar perkerasan dapat bertahan sesuai umur yang direncanakan, perkerasan jalan dapat digunakan sepenuhnya dan seoptimal mungkin.</p>	<p>Metode AASHTO 1993 Dan metode Bina Marga 17</p>	<p>Hasil perhitungan dengan metode AASHTO nilai Cesa 500.000 Esa menghasilkan Tebal lapisan perkerasan Laston/AC-WC 12 cm, pondasi atas 10,5 cm dan pondasi bawah 20,5 cm. Hasil perhitungan perkerasan dengan metode Bina Marga 17 nilai Cesa 5143645 menghasilkan laston permukaan 4 cm, laston antara 6 cm, laston pondasi 8 cm dan Agregat kelas A 30 cm.</p>
---	---	---	--	---

4	<p>Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Metode Komponen Bina Marga Dan MDPJ 2017, (Syuhada et al., 2022).</p>	<p>Membandingkan Metode Analisis Komponen Bina Marga 1987 dan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 digunakan untuk menghitung tebal perkerasan lentur dalam penelitian ini.</p>	<p>Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan Metode Analisis Komponen Bina Marga 1987</p>	<p>Menurut perhitungan, Metode Analisis Komponen Bina Marga 1987 lapis permukaan laston 7,5 cm, <i>Base Course</i> 20 cm dan <i>Sub Base Course</i> 16 cm. Menurut Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, laston ACWC 4 cm, laston antara ACBC 6 cm dan lapis pondasi agregat klas A 40 cm.</p>
---	--	---	--	--

5	<p>Studi Perencanaan Geometrik Dan Perkerasan Lentur Jalan Jalur Lintas Selatan Lot 6 Karanggongso – Nglarap (Sta 0+000 – Sta 10+625) Kab. Trenggalek – Kab. Tulungagung, (Fauzi et al., 2022).</p>	<p>Menghitung perkerasan lentur yang diperlukan untuk umur rencana dua puluh tahun mendatang</p>	<p>Manual Desain Perkerasan Jalan 2017</p>	<p>Tebal perkerasan lentur metode Bina Marga 2017 mendapatkan hasil lapis aus AC-WC setebal 40 mm, lapis antara AC-BC setebal 60 mm, lapis pondasi CTB setebal 180 mm dan lapis pondasi agregat klas A setebal 300 mm.</p>
---	---	--	--	--



6	<p>Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga Dengan Metode Desain Perkerasan Jalan MDPJ 2017 (Studi Kasus : Jalan Kurai Mudiak Liki Suliki), (Agustin, 2022) .</p>	<p>Mengetahui perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan Metode Analisis Komponen SKBI 2.3.26.1987 dan Metode Perencanaan Perkerasan Jalan Raya Tahun 2017 No. 02/M/BM/2017 di Jalan Kurai Mudiak Liki Suliki.</p>	<p>Metode Analisis Komponen SKBI 2.3.26.1987 dan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017 No. 02/M/BM/2017</p>	<p>Hasil analisa komponen pada lapisan atas laston 11,25 cm, lapis <i>Base Course</i> 15 cm, lapis <i>Sub Base Course</i> 20 cm dan perhitungan perkerasan desain perkerasan jalan 2017 menghasilkan lapis atas ACWC 40 MM, laston antara ACBC 60 mm, laston pondasi AC <i>Base</i> 75 mm, lapis pondasi CTB 150 mm dan lapis <i>Base Course</i> 150 mm.</p>
---	---	---	--	--

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan perhitungan tebal perkerasan membahas tentang beberapa metode menghitung tebal perkerasa dengan menggunakan AASHTO 93, Analisa Komponen, Manual Desain Perkerasan 2013 dan Manual Desain Perkerasan 2017 atau yang dikenal MDP 2017. Sampai saat ini belum ada yang menganalisis perkerasan lentur dengan menggunakan *Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2 (SDPJ2).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bentuk Penelitian

Penelitian perbandingan perkerasan lentur antara analisa komponen dibanding dengan *Software* Perkerasan Jalan 2 ini termasuk penelitian kuantitatif. Analisis penelitian dengan rumus dan aplikasi dengan memasukkan angka-angka pada rumus yang ditentukan yang menghasilkan hasil akhir analisis perkerasan lentur. Penelitian didasarkan pada pengukuran obyektif dan analisis matematis (statistik) dari data yang diperoleh melalui tes survei pada obyek yang diteliti. Menguji dari variabel yang ditentukan berdasarkan proses pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari survei langsung dilakukan pada lokasi penelitian dan data sekunder didapat dari data-data dari buku referensi yang telah dipublikasikan. Penelitian ini yang membandingkan dua metode yang berbeda dalam satu variabel pada hasil akhir analisis.

3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dari langkah awal analisis Perkerasan Lentur sampai titik *final*/akhir. Proses ini dimulainya pada tahap awal diproses ke tahap selanjutnya berlangsung sampai ke hasil akhir. Tahapan diantaranya yang menyatakan aliran atau penghubung, proses, *input/output*, pengambilan keputusan sampai ke titik akhir. Tahapan penelitian ini terdiri dari pemilihan subyek penelitian, kelengkapan data, proses analisis dan penarikan kesimpulan.

1. Menentukan Subyek Penelitian

Pembangunan jalan baru dibutuhkan perancangan dari segi perkerasan. Perhitungan perkerasan jalan beragam metode, dari literatur serta jurnal dikumpulkan yang selanjutnya ditelaah apakah masih ada yang bisa untuk diteliti selain yang pernah dibahas sebelumnya. Pembahasan dari jurnal-jurnal untuk perhitungan perkerasan belum pernah dibahas perhitungan perkerasan jalan lentur dengan menggunakan Aplikasi *Software* SDPJ2 (*Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0). Penulis selanjutnya akan menganalisis perkerasan lentur dengan menggunakan *Software* Desain Perkerasan Jalan 2.

2. Pengumpulan Data.

Pengumpulan data yang didapat dari survei langsung diantaranya data lalu lintas dan data daya dukung tanah. Data lalu lintas yang didapat dari survei selama tujuh hari pada ruas jalan terdekat yaitu Iwur – Oksibil. Data tanah yang diambil langsung di lapangan dengan jarak interval per 200 meter dan pengambilan data tanah dengan uji laboratorium. Data lainnya dari buku pedoman, buku dan jurnal yang telah dipublikasikan.

3. Analisis Data

Analisis Perkerasan Jalan Lentur dengan dua metode yaitu Analisa Komponen dan Software Desain Perkerasan jalan Versi 2. Metode analisa komponen dengan menggunakan persamaan logaritma mengacu pada Buku Pedoman Perkerasan Lentur yang dipublikasikan oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2002. Metode *Software* Desain Perkerasan Jalan 2 dari aplikasi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2023. Aplikasi ini mengacu pada Manual Perkerasan Desain Jalan Tahun 2017 yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.

4. Penarikan Kesimpulan

Hasil dari kedua analisis mengeluarkan hasil konstruksi perkerasan dan ketebalan dari masing-masing *layer* perkerasan jalan. Keluaran dari kedua analisis tentunya dengan bahan konstruksi yang sama. *Layer* pertama merupakan lapis permukaan yang kedap air, yang selanjutnya dibawahnya *layer* agregat *Base Course* dan paling bawah sebelum ke tanah dasar *layer Sub Base Course*. Kedua analisis sudah didapatkan sehingga bisa ditarik kesimpulan dari masing-masing metode tersebut. Kedua analisis tersebut akan dibandingkan hasilnya dari segi konstruksi yang dihasilkan dan ketebalan konstruksinya. Perbedaan ketebalan konstruksi dari kedua metode, dari segi biaya juga menghasilkan biaya yang berbeda sehingga bisa dipilih dari segi biaya yang lebih murah.

3.3. Metode Pengumpulan Data

Teknik atau metode pengumpulan data merupakan hal yang penting dalam penelitian karena metode adalah strategi atau cara yang digunakan oleh Peneliti untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian. Pengumpulan data dalam penelitian berfungsi untuk memperoleh bahan, keterangan, fakta dan informasi yang terpercaya. Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara yang Peneliti gunakan untuk mengumpulkan data. Data primer yang diperoleh dari PT. Bintang Inti Rekatama (KSO) PT. Gracia Papua Konsultan dan *Core Team* P2JN Merauke. Data yang diperoleh untuk analisis ini yaitu data CBR (*California Bearing Ratio*) tanah, data volume lalu lintas harian pada Ruas Jalan Iwur – Waropko di lokasi pekerjaan. Data sekunder yang merupakan unsur perhitungan diantaranya umur rencana, laju pertumbuhan kendaraan, faktor laju, distribusi arah, indeks permukaan perkerasan didapat dari pedoman, buku-buku dan jurnal yang telah dipublikasikan.

3.4. Variabel Penelitian

Dalam Perhitungan tebal Perkerasan Lentur ada beberapa parameter yang digunakan pada Analisa Komponen dan *software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0 ini yaitu umur rencana, pertumbuhan lalu lintas, beban rencana lalu lintas pada lajur rencana, daya dukung tanah, faktor distribusi arah dan faktor distribusi lajur. Umur rencana yang diambil dari buku pedoman yang dikeluarkan oleh Bina Marga untuk Perkerasan Lentur dengan umur rencana 20 tahun. Pertumbuhan lalu lintas dari tahun ke tahun dari awal perancangan sampai akhir rencana. Pertumbuhan lalu lintas dengan laju pertumbuhan konstan dan tidak konstan. Beban rencana lalu lintas merupakan beban kendaraan yang diekivalenkan ke beban standar yang dihitung selama umur rencana. Faktor distribusi arah ditentukan berdasarkan jumlah arah kendaraan yang melintas pada ruas jalan yang direncanakan. Faktor distribusi lajur berdasarkan jumlah lajur pada jalan. Hasil dari kedua metode di atas menghasilkan konstruksi perkerasan permukaan aspal, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

3.5. Metode Pengolahan Data

Data diolah pada analisis ini dengan dua cara yaitu Metode Analisa Komponen dengan perhitungan logaritma dan Analisis *Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0 dengan perangkat lunak. Analisa komponen dari awal proses dengan perhitungan manual dengan bantuan perhitungan Program Excel. Perhitungan dengan cara manual dari perhitungan beban rencana kendaraan selama umur rencana, perhitungan indek permukaan jalan, perhitungan *Modulus Resilient* setiap segmen. Logaritma dari beban rencana dihitung dengan cara *Trial and Error* untuk mencari nilai yang paling mendekati untuk mencari Indek Tebal Perkerasan. Hasil satuan dari logaritma yang merupakan Indek Tebal Perkerasan yang satuannya dalam inci, selanjutnya dikonversikan dalam satuan centimeter. Metode Analisa Komponen dihitung dengan menggunakan rumus dari awal perhitungan sampai akhir perhitungan.

Dalam Metode *Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0, Pengguna hanya memasukkan data-data yang diperlukan dan selanjutnya perhitungan akan di *running* oleh program secara otomatis. Aplikasi *Software* Analisis ini terdiri dari beban rencana atau perhitungan lalu lintas, perhitungan pondasi dan perhitungan perkerasan. Analisis lalu lintas pada aplikasi dengan menyiapkan data-data jumlah kendaraan harian rata-rata dalam format Excel, yang selanjutnya *inputing* melalui menu panel pada aplikasi yang sudah disiapkan. Tahap perhitungan lalu lintas, pada menu-menu pelengkap terisi terlebih dahulu, dari umur rencana, faktor distribusi, faktor lajur, kelas jalan, lebar jalan dan laju pertumbuhan lalu lintas. *Input* data sudah dipenuhi maka program bisa dijalankan dan secara otomatis .

3.6. Metode Analisis Data

Metode Analisis Data pada penelitian ini yaitu dengan Metode Kuantitatif dengan menggunakan analisis data. Analisis data untuk perhitungan perkerasan lentur yang membandingkan Metode Analisa Komponen dan Metode *Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2. Metode Analisa Komponen dengan menganalisis data dihitung secara manual dengan alat bantu komputerisasi dari Program *Office (Excel)*. Data-data yang didapat diolah tahap demi tahap dengan menggunakan rumus yang telah ditetapkan oleh pedoman yang telah dilegalkan. Hal ini untuk menjawab dari

rumusan masalah yang pertama yaitu berapa hasil yang didapatkan oleh perhitungan dengan menggunakan Metode Analisa Komponen. Metode perhitungan perkerasan dengan *Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2 dengan memasukkan data-data yang sudah disiapkan yang selanjutnya dari program aplikasi akan menghitung secara otomatis dan mengeluarkan hasil dari analisis ini. Hasil dari proses dengan program ini menjawab dari rumusan masalah yaitu mengenai hasil yang didapatkan oleh perhitungan perkerasan dengan menggunakan *Software* SDPJ2.

Metode Analisa Komponen menyiapkan data-data sebagai bahan perhitungan logaritma diantaranya lalu lintas pada lajur rencana, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, daya dukung tanah, *reliabilitas (R)*, standar deviasi (*So*), indek permukaan awal (IP0) dan akhir desain (IPt), koefisien kekuatan bahan, tebal minimum perkerasan lentur dan yang terakhir menghasilkan tebal konstruksi perkerasan. Analisis perkerasan menggunakan *Software* SDPJ2 dilakukan tahap demi tahap, menyiapkan data lalu lintas, data daya dukung tanah dan koefisien yang digunakan pada analisis. Proses aplikasi dijalankan setiap tahap harus selesai dan baru bisa dilanjutkan ke tahap berikutnya sampai ke akhir analisis. Data input yang digunakan pada kedua Metode Analisa Komponen dan *Software* Desain Perkerasan Versi 2.0 terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Input Analisis Perkerasan Lentur

No.	Analisa Komponen	<i>Software</i> Desain Perkerasan 2
1.	Lalu lintas harian	Lokasi pekerjaan
2.	Umur rencana	Umur rencana
3.	Faktor distribusi arah	Pengguna
4.	Faktor distribusi lajur	Tipe jalan
5.	Kumulatif pertumbuhan lalu lintas	Lalu lintas tahun pertama
6.	Ekivalen beban standar	VDF (<i>Vehicle Damage Factor</i>)
7.	Beban rencana kendaraan	Laju pertumbuhan lalu lintas
8.	Daya dukung tanah	Kapasitas jalan

Berlanjut

Tabel 3. 1 Input Analisis Perkerasan Lentur (Lanjutan)

No.	Analisa Komponen	Software Desain Perkerasan 2
9.	Reliabilitas	Beban rencana lalu lintas
10.	Deviasi Standar	CBR
11.	Standar Normal <i>Deviate</i>	Harga konstruksi perkerasan
12.	Indek permukaan awal	
13.	Indek permukaan akhir	
14.	Indek permukaan rusak/hancur	
15.	Koefisien kekuatan bahan	

Data input Analisa Komponen yang disiapkan dalam perhitungan manual, karena menggunakan persamaan logaritma maka untuk hasil dengan cara *Trial and Error* sampai mendapatkan nilai yang sama. Data untuk *running software* desain perkerasan 2 dengan menyiapkan data selanjutnya dianalisis secara otomatis oleh program. Hasil dari kedua metode tersebut akan dibandingkan dari jenis konstruksi perkerasan jalan, ketebalan dari masing-masing konstruksi sebagai dasar pemilihan dalam pelaksanaan pembangunan jalan baru.

3.6.1. Metoda Analisa Komponen

Tahapan dari Metode Analisa Komponen yaitu dari awal mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan perkerasan diantaranya data harian lalu lintas yang nantinya akan dianalisis sesuai dengan umur rencana dengan tingkat pertumbuhan lalu lintas yang telah ditentukan. Selanjutnya menyiapkan data daya dukung tanah, beberapa angka koefisien diantaranya reabilitas, deviasi standar, standar normal deviasi, indeks permukaan yang terdiri dari indek permukaan awal, indeks permukaan akhir, guna melanjutkan keperhitungan perkerasan menggunakan persamaan logaritma.

Alur Analisis Perkerasan Lentur yang mengacu pada Pedoman Perkerasan Lentur dengan Metoda Analisa Komponen (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002) :

1. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lalu lintas pada lajur rencana yang dinyatakan dalam komulatif lintas sumbu standar. Lalu lintas harian rata-rata per tahun yang dianalisis dari perhitungan lalu lintas harian dan faktor koefisien yang dimasukkan dalam perhitungan yaitu koefisien faktor distribusi dan faktor koefisien lajur. Persamaan lalu lintas per tahun pada lajur rencana sebagai berikut :

$$W18 = DD \times DL \times \hat{w}18 \times 365 \dots\dots\dots (3.1)$$

(Yauri et al., 2016, p. 6)

Dimana :

DD = Faktor Distribusi Arah.

DL = Koefisien Distribusi Lajur.

W18 = Beban Kumulatif di Kedua Arah.

Lalu lintas komulatif pada umur rencana didapat dari perhitungan lalu lintas pada tahun pertama yang dikalikan dengan prosentase pertumbuhan lalu lintas yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$W18 = w18 \times ((1+g)^n - 1)/g \dots\dots\dots (3.2)$$

(Yauri et al., 2016, p. 6)

Dimana :

w18 = Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.

n = Masa layan/umur rencana (tahun).

g = Perkembangan lalu lintas (%).

2. Faktor Distribusi Arah dan Lajur

Faktor distribusi arah dan lajur yang dengan nilai dari 0.5 (nol koma lima) sampai 1 (satu) tergantung dari jumlah lajur per arah dari jalan yang direncanakan.

3. Daya Dukung Tanah

Parameter perancangan tanah dasar daya dukung tanah yaitu *Modulus Resilient* efektif (*effective Resilient Modulus*) (MR), yang didapat dari pengujian tanah di lapangan. Pengujian tanah dengan bisa menggunakan alat DCP akan menghasilkan nilai CBR yang digunakan dalam perhitungan analisis tebal perkerasan jalan lentur.

$$M_R(\text{psi}) = 1.500 \times \text{CBR} \dots\dots\dots (3.3)$$

(Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 3)

Dimana :

M_R = *Modulus Resilient*

CBR = *California Bearing Ratio*

4. *Reabilitas (R)*

Reabilitas merupakan derajat kepastian dalam proses desain untuk memastikan bahwa berbagai pilihan desain akan bertahan selama durasi yang diinginkan (masa pakai desain). Faktor keandalan desain memperhitungkan kemungkinan fluktuasi dalam prakiraan lalu lintas (w) dan dengan demikian menunjukkan tingkat keandalan pada ruas jalan tersebut dalam interval waktu yang direncanakan. Tingkat *reliabilitas* pada jalan Antar Kota pada jalan lokal dengan nilai 50 sampai 80, Jalan Kolektor dengan nilai 75 sampai 95, Jalan Arteri dengan nilai 75 sampai 95 dan Jalan Bebas Hambatan dengan nilai 80 sampai 99.9 (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 5).

5. Standar Normal Deviasi (S_0)

Distribusi normal merupakan fungsi probabilitas yang menggambarkan bagaimana nilai suatu variabel didistribusikan. Distribusi simetris dengan sebagian besar pengamatan di sekitar puncak pusat dan probabilitas nilai yang lebih jauh. Fungsi standar deviasi (S_0) yang memperhitungkan kemungkinan perbedaan estimasi lalu lintas dan estimasi kinerja beban rencana. Deviasi Standar dipilih mewakili kondisi setempat dengan rentang nilai 0.40 sampai 0.50 (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 5).

6. Indek Permukaan Awal (IP0) dan Akhir Desain (IPt)

Indeks permukaan ini menunjukkan ketidakrataan dari jalan berhubungan dengan kualitas pelayanan lalu lintas yang melintas. Nilai IPt dari 1,0 (satu) sampai 2,5 (dua koma lima) dengan penjelasan sebagai berikut : IP = 2,5 : menyatakan bahwa permukaan jalan masih cukup stabil dan baik, IP = 2.0 : menentukan tingkat layanan terendah untuk rute yang masih stabil, IP = 1,5 : menunjukkan tingkat layanan serendah mungkin (jalur yang tidak dapat terputus), IP = 1,0 : Permukaan jalan ditemukan dalam keadaan rusak parah, menyebabkan gangguan parah pada lalu lintas kendaraan.

Nilai permukaan awal dengan nilai rentang 2.5 (dua koma lima) sampai lebih dari 4 (lebih dari empat) sesuai perkerasan yang direncanakan, dari perkerasan Lapen dengan nilai Ipo 2,5 – 3,4. Lasbutag 3,0 – 3,9, Laston 3,5 - 4,0 (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 8).

7. Persamaan Metode Analisa Komponen

Perhitungan perkerasan dengan menggunakan Metode Analisa Komponen menggunakan persamaan logaritmis, yang dapat diselesaikan dengan Metode *Trial and error*. Rumus dasar Metode Analisa Komponen sebagai berikut :

$$\log_{10} (W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10} (ITP + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10} (M_R) - 8.07 \dots\dots\dots(3.4)$$

(Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 16).

Dimana :

- W_{18} = Perkiraan jumlah lalu lintas rencana yang diekivalenkan ke beban standar (ESA).
- Z_R = Deviasi normal standar.
- S_0 = Standar error gabungan pada kinerja jalan
- ΔIP = Perbedaan antara initial *design serviceability index*, IP0 dan *design terminal serviceability index*, IPT
- M_R = *Modulus Resilient*.
- IP_f = Kondisi jalan rusak dan hancur (min. 1,5)

8. Indek Tebal Perkerasan

Nilai ITP bisa dihitung sesuai dengan rumus 3.5.

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots\dots\dots(3.5)$$

(Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 16)

Dimana :

- ITP = Indeks Tebal Perkerasan;
- a_1 = Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Permukaan;
- a_2 = Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi;
- a_3 = Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Bawah;

- D_1 = Tebal Lapis Permukaan;
- D_2 = Tebal Lapis Pondasi;
- D_3 = Tebal Lapis Pondasi Bawah;

Faktor nilai drainase dimasukkan maka perhitungan ITP akan menjadi sesuai rumus 3.6.

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots \dots \dots (3.6)$$

(Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 16)

Dimana :

a_1, a_2, a_3 = Faktor Kekuatan Relatif Material Jalan (Berdasarkan Satuan Mekanis)

D_1, D_2, D_3 = Ketebalan setiap lapisan perkerasan

m_1, m_2, m_3 = Koefisien dari drainase jalan

3.6.2. **Metoda *Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0**

Manual Perangkat Lunak Desain Perkerasan Jalan (SDPJ) versi MDP (2017) adalah versi perangkat lunak Desain Perkerasan Jalan Lentur. Program SDPJ2 versi MDP 2017 merupakan *software* yang terkait dengan MDP 2017, yang merujuk diantaranya Pt T-01-2002-B, dimana NSPM yang digunakan mengacu pada beberapa variabel yang masuk dalam metodologi MDP 2017. Beberapa prinsip utama dari perangkat lunak ini adalah Perangkat lunak ini memiliki struktur modular dan bukan merupakan program terintegrasi, yang modul fungsionalnya terdiri dari Modul Rancangan Jalan Baru dan Modul Rancangan Jalan Eksisting.

Setiap modul berisi langkah-langkah desain yang akan dilakukan sesuai dengan pedoman MDP Versi 2017. Konsep Desain Perangkat lunak desain jalan membuat setiap fase desain dan opsi keluaran berdasarkan komponen harga dan biaya konstruksi untuk menyediakan ruang alternatif untuk memilih spesifikasi yang diinginkan oleh Desainer/Klien. Teknis data *entry* yang digunakan mengacu pada MDP versi 2017 dan apabila data baru tersebut telah tervalidasi sesuai kebutuhan perancangan maka dapat digunakan sebagai data *entry*. Format data dimasukkan ke dalam Program Excel menggunakan *template* yang disediakan untuk masing-masing data yang digunakan untuk tujuan analisis.

Aplikasi SDPJ ini merupakan pengembangan desain dengan MDP Rev.2017 menggunakan aplikasi perangkat lunak yang dapat memfasilitasi desain jalan dengan mengambil opsi yang terdapat pada *output* Aplikasi SDPJ2. Dalam rangka memberikan kontribusi terhadap peningkatan dan pengembangan kinerja jalan serta pelaksanaan pekerjaan jalan untuk menjamin kualitas pekerjaan jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga saat ini telah mengajukan perancangan dan perancangan perkerasan jalan untuk SDPJ2 (*Software* Desain Perkerasan Jalan versi 2). Analisis penelitian ini pada jalan baru dan langkah-langkah dalam analisis SDPJ2 adalah sebagai berikut :

1. Menu Utama SDPJ2

Software SDPJ2 terdapat beberapa menu diantaranya Desain Perkerasan Baru, Desain *Overlay* Perkerasan Lentur, Desain *Overlay Rigid Pavement* dengan *Existing* perkerasan aspal, Desain *Overlay* Perkerasan lentur di Atas Perkerasan Kaku serta Desain Rehabilitasi dan Rekonstruksi. Analisis penulisan ini pada pembangunan jalan baru, menu yang dipilih Desain Perkerasan Baru.

2. Menu Jalan Baru

Menu Jalan Baru terdiri dari Analisis Beban Lalu Lintas Jalan Baru, Desain Fondasi dan Desain Perkerasan. *Start* awal dari Analisis Jalan Baru dengan menjalankan pada Menu Jalan Baru.

3. Analisis Beban Lalu Lintas

Analisis Beban Lalu Lintas terdapat beberapa menu untuk diisi untuk bisa dilanjutkan ke tahap berikutnya diantaranya lokasi pekerjaan, umur rencana, Pengguna, tipe jalan, faktor distribusi, LHR tahun pertama, VDF, distribusi beban HVAG, laju pertumbuhan lalu lintas, kapasitas jalan dan beban rencana.

a. Lokasi pekerjaan

Lokasi pekerjaan dengan mengisi ruas jalan yang direncanakan, di provinsi mana tempat direncanakan dan titik koordinat perancangan.

b. Umur rencana

Pengisian pada panel menu umur perencana, perkerasan lentur jalan baru dengan umur 20 tahun.

c. Pengguna

Menu Pengguna merupakan Perencana dari perkerasan jalan yang dijalankan menggunakan *software* ini.

d. Tipe jalan

Pemilihan tipe jalan sesuai dengan tipe jalan yang direncanakan dan pada menu ini *software* sudah menyediakan tipe jalan dari 2/1 UD, 2/2 UD, 4/2 UD, 4/2 D, 6/2 D.

e. Faktor distribusi

Faktor distribusi dengan pemilihan tipe jalan maka pada faktor distribusi akan menyediakan pilihan sesuai dengan pengisian tipe jalan.

f. LHR tahun pertama

Pengisian lalu lintas tahun pertama, yang data berupa Excel yang dimasukkan dalam *software*.

g. VDF

VDF ada dua pilihan pada menu ini yaitu Suplemen MDP 2017 dan Mandiri. VDF dari Suplemen MDP 2017 secara *default* akan terisikan secara otomatis dan apabila dengan VDF Mandiri maka harus menyiapkan data dari format Excel yang nantinya dimasukkan dalam perhitungan *software* ini.

h. Distribusi beban HVAG

Distribusi beban *HVAG* pengisian dengan dua menu pilihan yaitu dengan Suplemen MDP 2017 atau dengan Mandiri.

i. Laju pertumbuhan lalu lintas

Prosentase laju pertumbuhan dari awal perancangan sampai akhir perancangan dengan dua pilihan konstan atau berubah. Prosentase pertumbuhan yang diisi manual pada menu tersebut, dengan pemilihan jalan arteri, kolektor atau jalan desa.

j. Kapasitas jalan

Kapasitas jalan dengan dua menu yaitu dengan MKJI dan Mandiri. Beberapa menu pada kapasitas jalan yang harus diisi dari tipe alinyemen, lebar lajur efektif, kelas hambatan samping dan lebar bahu efektif. Terisinya keseluruhan pada kapasitas jalan ini hasil dari kapasitas jalan bisa

dijalankan dan langsung keluar *output* pencapaian kapasitas jalan yang direncanakan.

k. Beban rencana.

Pengisian lalu lintas tahun pertama dan pertumbuhan lalu lintas maka beban rencana bisa dijalankan dan keluar *output* beban selama umur rencana yang direncanakan.

4. Desain Fondasi

Data yang diisi pada Desain Fondasi ini yaitu CBR tanah dasar yang didapat dari hasil pengujian di lapangan. Data CBR yang disiapkan dalam format *Excel* yang akan dimasukkan pada *software*. Dengan dimasukkan data CBR ke *software* dan selanjutnya bisa diproses. Pada proses desain fondasi ada beberapa proses yaitu segmentasi CBR. Segmentasi CBR akan terlihat dengan pengisian CBR terlebih dahulu, dari awal penanganan sampai akhir penanganan perancangan. Data CBR tergambar pada grafik, yang selanjutnya membuat segmentasi CBR dengan kumulatif *different* dan hasilnya disimpan.

5. Desain Perkerasan

Data lalu lintas yang terdiri dari umur rencana, Pengguna, tipe jalan, faktor distribusi, LHR tahun pertama, VDF, distribusi beban HVAG, laju pertumbuhan lalu lintas, kapasitas jalan dan beban rencana, sudah terisi secara keseluruhan langkah selanjutnya menjalankan proses *running* program SDPJ2. Proses *running* estimasi harga disiapkan untuk dimasukkan dalam proses *software*. Estimasi harga yang terdiri dari konstruksi perkerasan dari Lapis Fondasi Bawah, Lapis Fondasi Atas dan Perkerasan Permukaan.

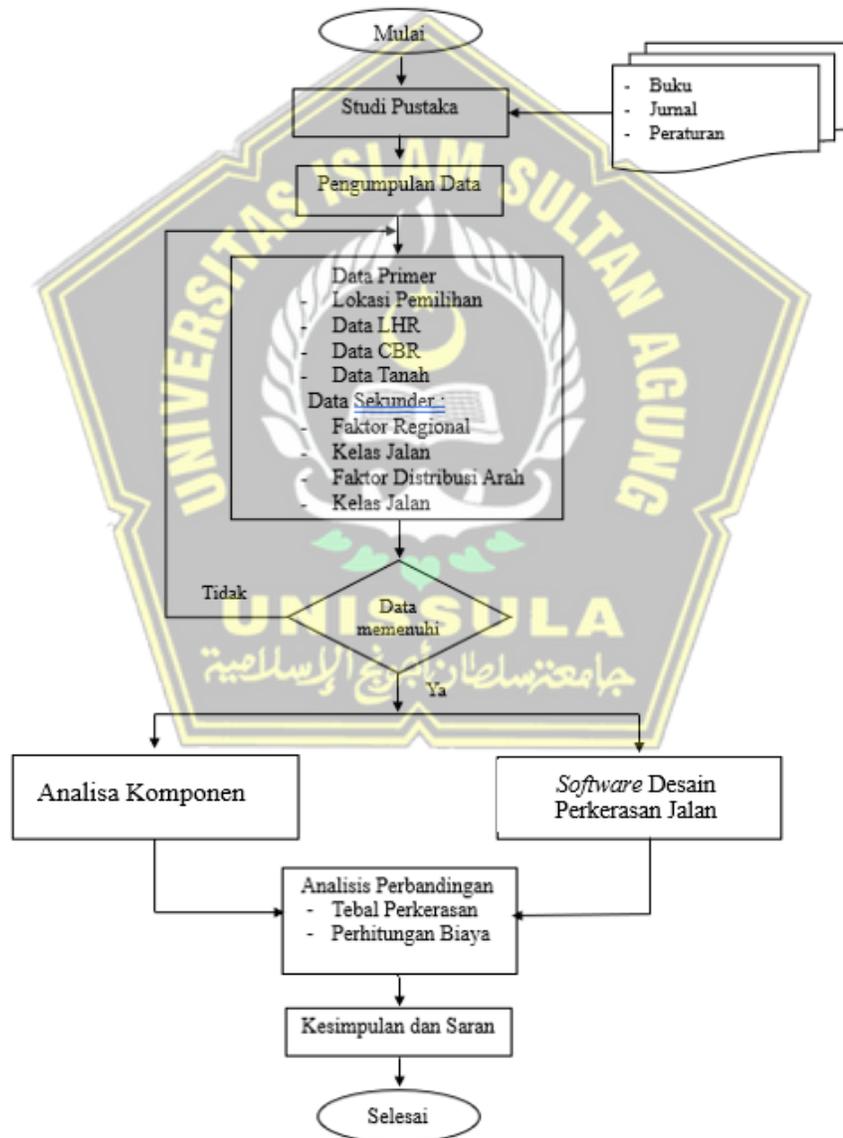
Terpenuhinya menu-menu yang disajikan dan selanjutnya ke proses mengeluarkan hasil akhir perkerasan dan hasil *output* perkerasan jalan lentur menghasilkan beberapa macam konstruksi dan hasil bisa disimpan dalam bentuk Excel.

3.7. Bagan Alir Perancangan

Langkah awal dimulainya perhitungan perkerasan dimulai dari tema pembahasan analisis perhitungan perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Analisa Komponen dibandingkan dengan *Software* SDPJ2. Langkah selanjutnya studi pustaka yang mengambil referensi dari buku-buku yang diterbitkan oleh instansi

resmi dari Pemerintah dalam bidang ini yaitu dari Kementerian Bina Marga dan buku-buku literatur yang telah dipublikasikan.

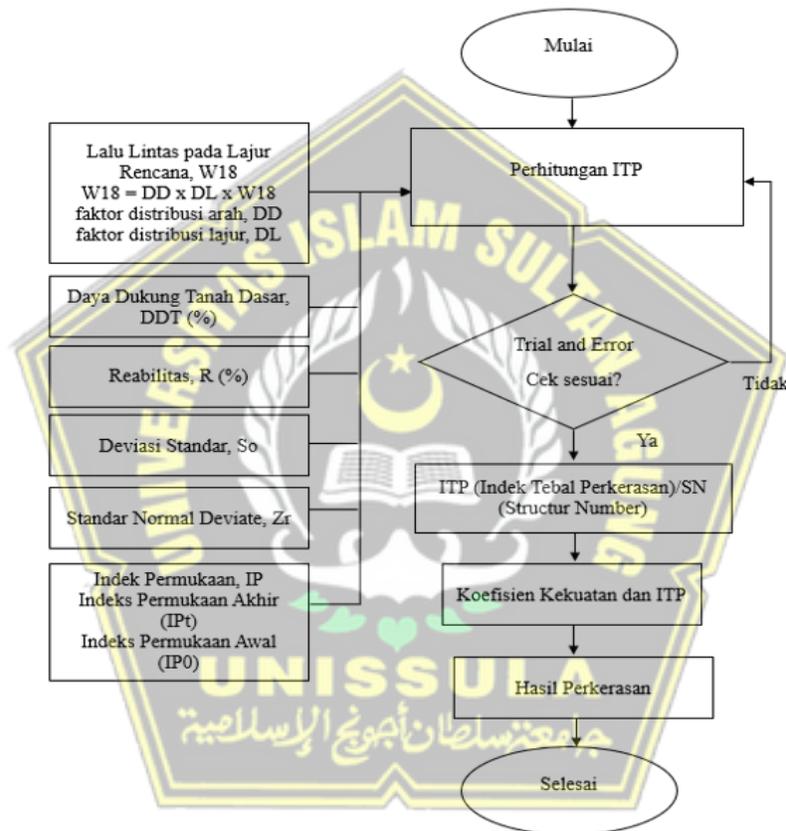
Pengumpulan data yang terdiri dari Data Primer dan Data Sekunder. Data Primer adalah data yang diambil secara langsung dan data sekunder diambil dari sumber-sumber yang bisa dipertanggung-jawabkan. Data-data cukup ke proses analisis yang menggunakan Metode Analisa Komponen dan dengan *Software* SDPJ2. Hasil kedua metode analisis akan dikaji/dibandingkan, dari keluaran konstruksi dari material, ketebalan dan perhitungan estimasi biaya. Bagan alir desain perkerasan bisa dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur Metodologi Analisis Desain Perkerasan Lentur

3.7.1. Bagan Alir Metode Analisa Komponen

Analisis dengan Metode Analisa Komponen data-data terlebih dahulu yang disiapkan diantaranya data lalu lintas, CBR, reabilitas, standar deviasi, indeks permukaan akhir dan indeks permukaan awal. Bagan alir Analisis Perkerasan Lentur dengan Metoda Analisa Komponen yang mengacu pada Pedoman Perkerasan Lentur Tahun 2002 bisa dilihat pada Gambar 3.2.

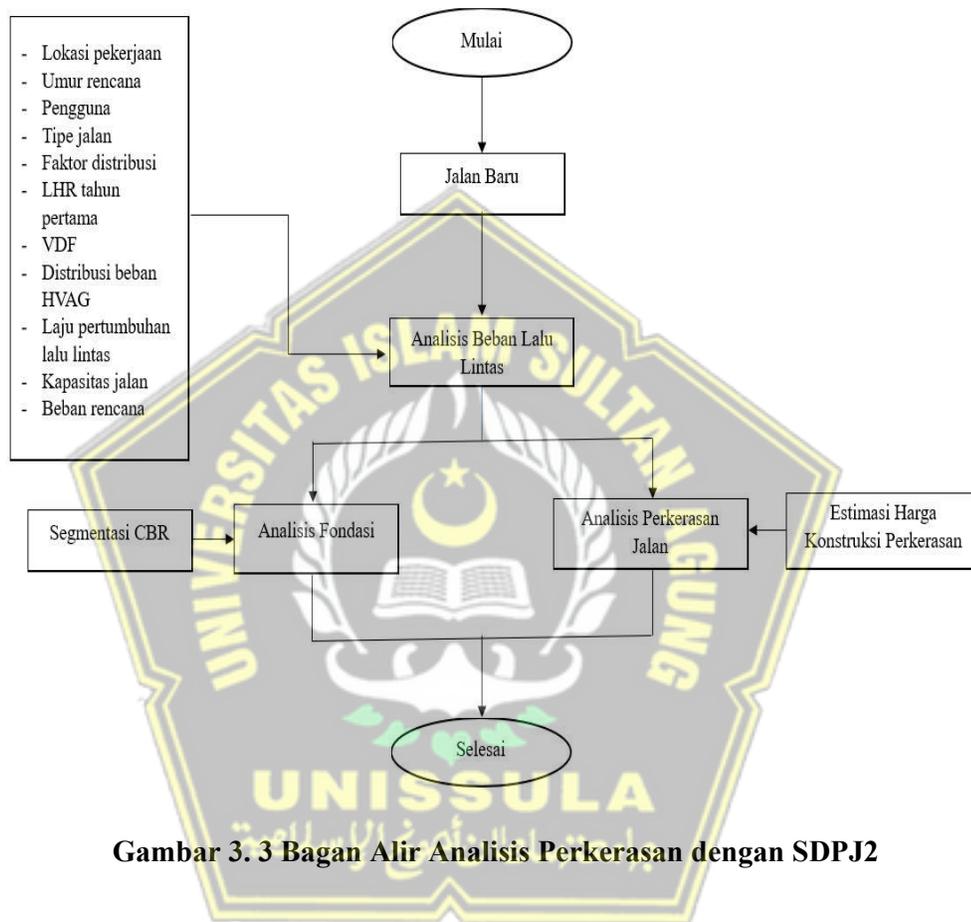


Gambar 3. 2 Bagan Alir Metode Analisa Komponen

3.7.2. Bagan Alir Metode *Software* Desain Perkerasan Jalan 2

Proses analisis perkerasan menggunakan *Software* SDPJ2 dilakukan tahap demi tahap dan perlu diketahui setiap tahap harus selesai dan baru bisa dilanjutkan ke tahap berikutnya. SDPJ2 merupakan alat bantu, hasil dari *software* ini sepenuhnya oleh Penggunaanya. Analisis SDPJ2 untuk menganalisis untuk

Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku, dalam merancang jalan baru maupun peningkatan atau *overlay* lapisan tambah. Dalam pembahasan analisis ini hanya pada pembangunan jalan baru dengan Perkerasan Lentur. Bagan Alir Analisis Perancangan perkerasan dengan *Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0 bisa dilihat pada Gambar 3.3.



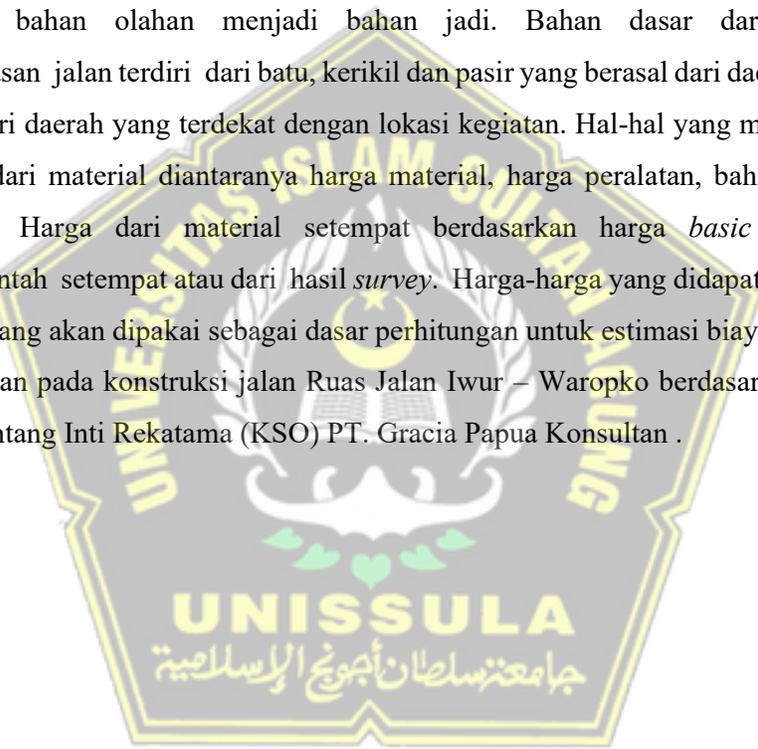
Gambar 3.3 Bagan Alir Analisis Perkerasan dengan SDPJ2

3.8. Analisa Biaya

Analisa biaya pada konstruksi jalan tertuang berpedoman pada Permen PU Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Konstruksi di Lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Perkiraan proyek dibidang pekerjaan umum dan perumahan rakyat adalah perhitungan biaya tenaga kerja, bahan, peralatan yang diperlukan dan biaya pelaksanaan sistem manajemen keselamatan. Perkiraan biaya dengan memperhitungkan keselamatan konstruksi setiap kegiatan proyek.

Analisis biaya pekerjaan melibatkan penghitungan biaya tenaga kerja, bahan dan peralatan untuk mencapai harga satuan untuk jenis pekerjaan tertentu. Harga Satuan Dasar adalah harga satuan komponen-komponen dalam harga satuan tenaga kerja per unit. Koefisien Tenaga Kerja Konstruksi adalah indeks yang menyatakan jumlah tenaga kerja konstruksi yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap satuan volume pekerjaan. Faktor peralatan adalah indeks yang mewakili waktu yang dibutuhkan suatu alat untuk menyelesaikan atau membuat suatu produk per satuan volume pekerjaan.

Biaya konstruksi yang dihitung dari bahan dasar selanjutnya diolah melalui proses bahan olahan menjadi bahan jadi. Bahan dasar dari konstruksi perkerasan jalan terdiri dari batu, kerikil dan pasir yang berasal dari daerah setempat atau dari daerah yang terdekat dengan lokasi kegiatan. Hal-hal yang mempengaruhi harga dari material diantaranya harga material, harga peralatan, bahan bakar dan tenaga. Harga dari material setempat berdasarkan harga *basic price* dari Pemerintah setempat atau dari hasil *survey*. Harga-harga yang didapat dipilih harga mana yang akan dipakai sebagai dasar perhitungan untuk estimasi biaya. Harga item pekerjaan pada konstruksi jalan Ruas Jalan Iwur – Waropko berdasarkan data dari PT. Bintang Inti Rekatama (KSO) PT. Gracia Papua Konsultan .



BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Analisis Tebal Perkerasan

Ruas Jalan Iwur - Waropko Kabupaten Boven Digoel Provinsi Papua dari Sta. 00+000 (X = 466798,194 Y = 9428490,042) sampai Sta 18+200 (X = 470730,427 Y = 9416528, 612). Pembangunan jalan baru dalam merencanakannya ditentukan terlebih dahulu kriteria yang direncanakan. Kriteria jalan pada analisis ini adalah sebagai berikut :

- Kelas Fungsi Jalan : Kolektor Primer
- Kelas Jalan : III A (MST 8 ton)
- Kecepatan Rencana : 40 km/jam
- Jari – Jari Minimum : 30 m
- Lebar Jalur Kendaraan : 2 x 2,75m (tanpa Median)
- Lebar Bahu Luar Min. : 2,0 m
- Lebar Badan Jalan : 11 m
- Superelevasi Maks. : 8 %
- Lebar RUMIJA : 25 m
- Jenis Lapis Permukaan : Aspal
- Jenis Lapis Pondasi : Agregat

Beban Rencana Lalu Lintas didapat dari perhitungan lalu lintas harian yang diprediksikan ke akhir rencana. Data Primer salah satunya adalah Data Lalu Lintas Harian Rata-rata. Jumlah kendaraan yang didata pada jalan *existing* terdekat karena pada ruas jalan ini belum ada aktifitas lalu lintas. Data lalu lintas bisa dilihat pada Tabel 4.1 Data Lalu Lintas.

Tabel 4. 1 Data Lalu Lintas

No.	Golongan	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Ta. 2023)
1	Gol. 1	Sepeda Motor	602

Berlanjut

Tabel 4.1 Data Lalu Lintas (lanjutan)

2	Gol. 2	Sedan, Jeep	5
3	Gol. 3	Opelet	3
4	Gol. 4	Mobil Hantaran	19
6	Gol. 5a	Bus Kecil	12
7	Gol. 5b	Bus Besar	-
8	Gol. 6a	Truk 2 sumbu	5
9	Gol. 6b1	Truk 2 sumbu (sedang)	12
11	Gol. 7a	Truk 3 Sumbu	5
12	Gol. 7b	Truk Gandengan	-
13	Gol. 7c	Truk Semi Trailer	-
14	Gol. 8	Kendaraan tidak bermotor	-

Sumber : PT. Bintang Inti Rekatama (KSO) PT. Gracia Papua Konsultan

Data CBR yang dilakukan dengan menggunakan alat DCP yang dilaksanakan pada interval per 200 meter. Data CBR bisa dilihat pada Tabel 4.2 CBR Ruas Jalan Iwur Waropko.

Tabel 4. 2 CBR Ruas Jalan Iwur Waropko

No	STA	CBR (%)
1	00+400	7,946
2	00+800	9,965
3	01+000	12,696
4	01+200	7,527
5	01+400	10,546
6	01+600	8,221
7	01+800	16,168
8	02+000	7,823
9	02+200	8,224
10	02+600	6,264
11	02+800	6,472

Berlanjut

Tabel 4.2 CBR Ruas Jalan Iwur Waropko (lanjutan)

No	STA	CBR (%)
12	03+000	12,595
13	03+200	10,109
14	03+600	8,541
15	03+800	10,459
16	04+000	8,363
17	04+200	17,372
18	04+400	15,415
19	04+600	7,94
20	04+800	7,807
21	05+200	6,981
22	05+400	14,919
23	05+800	10,094
24	06+400	10,381
25	06+600	7,541
26	06+800	7,95
27	07+000	7,742
28	07+200	8,182
29	07+400	6,374
30	07+600	7,931
31	07+800	6,005
32	08+600	15,2
33	09+000	12,416
34	09+200	12,487
35	09+400	15,145
36	09+800	45,822
37	10+000	38,12
38	10+400	43,196
39	10+800	48,968
40	11+000	26,918

Berlanjut

Tabel 4.2 CBR Ruas Jalan Iwur Waropko (lanjutan)

No	STA	CBR (%)
41	11+200	13,541
42	11+400	9,271
43	11+600	9,748
44	11+800	11,183
45	12+000	22,035
46	12+200	19,339
47	12+400	10,816
48	12+800	7,95
49	13+000	11,384
50	13+200	11,252
51	13+400	12,805
52	13+600	9,633
53	13+800	14,808
54	14+000	14,727
55	14+200	10,62
56	14+400	15,084
57	14+600	14,808
58	14+800	14,727
59	15+000	11,598
60	15+200	9,802
61	15+400	12,394
62	15+600	16,74
63	15+800	19,502
64	16+200	20,627
65	16+400	15,368
66	16+600	21,54
67	16+800	25,382
68	17+000	23,351
69	17+200	10,001

Berlanjut

Tabel 4.2 CBR Ruas Jalan Iwur Waropko (lanjutan)

No	STA	CBR (%)
70	17+400	7,453
71	17+600	12,188
72	17+800	15,43
73	18+000	20,485
74	18+200	12,737

Sumber : PT, Bintang Inti Rekatama (KSO) PT, Gracia Papua Konsultan

Umur rencana pada perkerasan jalan baru untuk Perkerasan Kaku dengan umur rencana 40 tahun dan perkerasan lentur 20 tahun ini berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan yang dikeluarkan oleh Bina Marga pada Tahun 2017. Analisis Perkerasan Lentur pada pembahasan ini dengan umur rencana 20 tahun.

Setiap daerah mempunyai pertumbuhan lalu lintas yang berbeda-beda dari pertumbuhan satu persen, tiga dan sampai lima persen, tergantung dari Perencana memakai berapa tentunya didukung dengan alasan yang teknis. Laju pertumbuhan bisa dihitung selama umur rencana tidak harus konstan dan bisa juga dihitung dengan pertumbuhan yang sama dari awal rencana sampai akhir rencana jalan tersebut. Tingkat laju pertumbuhan lalu lintas dengan dihitung dengan konstan sebesar 4,75%.

Angka Ekuivalen Kendaraan (*Vehicle Damage Factor*) dalam satuan ESA (*Equivalent Standard Axles*) ke beban standar, dari masing-masing kendaraan mempunyai angka yang berbeda tergantung jenis kendaraan dan berat dari kendaraan tersebut. Menentukan ekuivalen ke beban standar bisa dilakukan dengan uji coba dari kendaraan dengan menggunakan alat WIM (*Weigh In Motion*) test yang didapat berat kendaraan pada setiap sumbunya yang kemudian didapat angka ekuivalennya. Bilamana tidak melakukan tes uji beban kendaraan maka ekuivalen kendaraan menggunakan Bina Marga pada Tahun 2017, yang ditetapkan sebagai acuan perancangan jalan di Indonesia. Setiap daerah pada kendaraan mempunyai ekuivalen yang berbeda, karena dari beban yang dimuatnya. Analisis pada pembahasan ini ekuivalen kendaraan mengacu pada Bina Marga 2017, yang bisa dilihat pada Tabel 4.3. Angka Ekuivalen Kendaraan.

Tabel 4.3 Angka Ekvivalen Kendaraan

No	Golongan dan Jenis Kendaraan	VDF (Papua)
1	Gol. 1 (Sepeda Motor)	-
2	Gol. 2 (Sedan, Jeep, mobil pribadi)	-
3	Gol. 3 (Opelet, angkutan umum)	-
4	Gol. 4 (Mobil Hantaran)	-
6	Gol. 5a (Bus Kecil)	-
7	Gol. 5b (Bus Besar)	1
8	Gol. 6a (Truk 2 sumbu)	0,5
9	Gol. 6b1 (Truk sedang 2 sumbu)	3
11	Gol. 7a (Truk 3 Sumbu)	6
12	Gol. 7b (Truk Gandengan)	-
13	Gol. 7c (Truk Semi Trailer)	8,8
14	Gol. 8 (Kendaraan tidak bermotor)	-

Sumber : Bina Marga 2017

Koefisien Distribusi (DD) dengan jalan 2 (dua) lajur 2 (dua) arah berdasarkan literatur dari Bina Marga 2002 dengan angka 0,3 (nol koma tiga) sampai 0,7 (nol koma tujuh) maka diambil angka 0,5 (nol koma lima). Koefisien Distribusi Lajur/DL ditentukan berdasarkan jumlah lajur per arah, yang nilainya antara 50% (lima puluh persen) sampai 100% (seratus persen). Pada ruas jalan yang dianalisis merupakan jalan dengan jumlah lajur per arah 1 (satu) maka faktor distribusi lajur (DD) dengan nilai 100%, pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Faktor Distribusi Lajur

Jumlah lajur per arah	Prosentase Beban Gandar Standar Dalam Lajur Rencana
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 - 75

Sumber : Bina Marga 2017

4.2. Perancangan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Analisa Komponen

Perancangan Analisa Komponen dengan mengetahui beban rencana terlebih dahulu. Beban rencana yang selanjutnya dihitung dengan logaritma yang mendapatkan hasilnya. Perancangan Perkerasan Lentur dengan analisa komponen pada analisis ini dengan menggunakan persamaan numerik. Persamaan numerik dengan perhitungan *Trial and error* untuk mencari Indek Tebal Perkerasan dari masing-masing *layer*. Dari logaritma beban lalu lintas rencana sebagai pembanding dari sekumpulan koefisien kondisi permukaan jalan serta kekuatan bahan (*Modulus Resilient*) pada masing-masing *layer*. *Modulus* resilien dari bahan konstruksi pada analisis ini dari permukaan aspal, pondasi atas dan pondasi bawah.

4.2.1 Menghitung Lalu Lintas Rencana

Mendesain permukaan jalan, beban lalu lintas diekivalenkan menjadi beban standar, berdasarkan kerusakan yang ditimbulkan oleh kendaraan (*Vehicle Damage Factor*). Kumulatif *ESA (Equivalent Single Axle Load)* yang menjadi dasar dari perancangan perkerasan lentur selama umur rencana. Kendaraan rencana yang melintas diekivalenkan dengan beban standar delapan ton, jadi kendaraan yang kurang dari delapan ton tidak berpengaruh sama sekali pada perkerasan tersebut. Jenis kendaraan yang tidak berpengaruh sama sekali pada perkerasan jalan yaitu dari kendaraan sepeda motor, mobil pribadi, opelet dan mobil hantaran yang sumbu terberat kurang dari delapan ton.

Beban ekivalen kendaraan dari sepeda motor dan kendaraan yang berat total yang kurang dari delapan ton maka ekivalennya tidak ada, dengan arti berapapun kendaraan yang lewat sampai waktu yang tak terbatas tidak berpengaruh pada perkerasan jalan. Kendaraan yang mempunyai nilai VDF yaitu kendaraan dari bus, truk ringan, truk sedang, truk berat, truk besar, truk semi *trailer*, truk *trailer* dan truk gandeng. Pada analisis pembahasan ini ekivalen beban berdasarkan bina margas 2017. Beban ekivalen kendaraan terdapat pada Tabel 4.3.

Beban rencana (W18) yang didapat dari data lalu lintas harian yang selanjutnya diekivalenkan ke beban standar selama umur rencana. Perhitungan ini

dipengaruhi oleh beberapa koefisien yaitu Lalu-lintas Harian, Umur Rencana, Faktor Pertumbuhan, Faktor Distribusi, Faktor Lajur. Lalu-lintas Rencana didapat dari jumlah komulatif kendaraan yang diekivalenkan dengan beban standar dikalikan dengan Koefisien Faktor Lajur dan Faktor Distribusi Arah, Persamaan lalu lintas rencana selama satu tahun ditentukan sebagai berikut :

$$W18 = DD \times DL \times w18 \times 365 \dots \dots \dots (4.1)$$

Dengan :

W18 = Perkiraan jumlah lalu-lintas selama umur rencana yang diekivalenkan ke beban standar (ESA).

DD = Faktor Distribusi Arah.

DL = Koefisien Distribusi Lajur.

w18 = Lalu lintas harian .

Analisis beban gandar komulatif bisa dilihat pada Tabel 4.5. Rekapitulasi Beban Gandar Standar Komulatif.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Beban Gandar Standar Komulatif

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Ta, 2023)	Ekivalen Beban	DD	DL	W18
	a	b	c	d	a x b x c x d x 365
Gol, 1	602	-	0,5	1,000	-
Gol, 2	5	-	0,5	1,000	-
Gol, 3	3	-	0,5	1,000	-
Gol, 4	19	-	0,5	1,000	-
Gol, 5a	12	-	0,5	1,000	-
Gol, 5b	-	1	0,5	1,000	-
Gol, 6a	5	0,5	0,5	1,000	456
Gol, 6b	12	3	0,5	1,000	6.570
Gol, 7a	5	6	0,5	1,000	5.475
Gol, 7b	-	-	0,5	1,000	-
Gol, 7c	-	8,8	0,5	1,000	-
Gol, 8	-	-	0,5	1,000	-
Gandar Standar Komulatif (satu tahun)					12.501,25

Kumulatif kendaraan selama umur rencana digunakan sebagai beban rencana, jumlah ini dihasilkan dari mengalikan beban gandar standar kumulatif dari ruas jalan yang direncanakan untuk tahun tersebut (W18) dengan tingkat pertumbuhan lalu lintas kumulatif, Secara numerik, pola lalu lintas kumulatif sampai umur rencana terlihat pada persamaan berikut :

$$W18 = w18x \frac{(1 + g)n - 1}{g} \dots \dots \dots (4.2)$$

Dimana :

W18 = Kumulatif gandar kendaraan (selama umur rencana)

w18 = Beban gandar standar kumulatif setahun,

n = Masa layan/umur rencana (tahun),

g = Pertumbuhan lalu lintas (%),

Tingkat pertumbuhan lalu lintas kumulatif dengan persamaan $= 1+(g)n - 1)/g$, pertumbuhan lalu lintas selama dua puluh tahun sebesar 4,75% maka tingkat pertumbuhan selama 20 tahun sebesar 32,206. Lalu lintas dengan ekivalen beban standar rencana sebesar empat ratus dua ribu enam ratus sebelas Esa selama umur rencana dan terlihat pada Tabel 4.6. Rekapitulasi Rencana Beban Gandar *Standard* Kumulatif.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Rencana Beban Gandar *Standard* Kumulatif

Jenis Kendaraan	W18	$(1+g)^n-1/g$	W18
	a	b	a x b
Gol. 1	-	32,206	-
Gol. 2	-	32,206	-
Gol. 3	-	32,206	-
Gol. 4	-	32,206	-
Gol. 5a	-	32,206	-
Gol. 5b	-	32,206	-
Gol. 6a	456	32,206	14.694
Gol. 6b	6.570	32,206	211.591
Gol. 7a	5.475	32,206	176.326
Gol. 7b	-	32,206	-

Berlanjut

Tabel 4.6 Rekapitulasi Rencana Beban Gandar *Standard* Komulatif (lanjutan)

Jenis Kendaraan	W18	$(1+g)^{n-1}/g$	W18
	a	b	a x b
Gol. 7c	-	32,206	-
Gol. 8	-	32,206	-
Gandar Standart Komulatif (20 tahun)			402.611

Beban rencana selama 20 tahun pada Ruas Jalan Iwur – Waropko sebesar 402.611 (empat ratus dua ribu enam ratus sebelas) Esa.

4.2.2 Menghitung Daya Dukung Tanah

Tanah atau pengetahuan tentang kekuatan lapisan tanah sebagai survei bawah tanah untuk keperluan konstruksi dan pondasi jalan. Uji tanah yang dapat dilakukan salah satu dengan uji DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Survei tanah dilakukan untuk menentukan jenis pondasi yang digunakan untuk membangun jalan raya. Pengujian DCP didapatkan data CBR tanah yang selanjutnya sebagai dasar untuk analisis dari rancangan tebal perkerasan. Tujuan pengambilan CBR dimaksudkan untuk mencari *Modulus Resilient*. Nilai *Modulus Resilient* dapat dicari dengan mengkalikan nilai CBR dengan seribu lima ratus psi.

Dilakukan pengujian dengan alat DCP dengan jarak interval per 200 meter, yang selanjutnya diolah analisis CBR dengan cara CBR Titik yang selanjutnya dengan CBR Segmentasi. CBR Titik mempunyai kriteria persyaratan yaitu ketebalan pada lapisan yang berdekatan dengan jarak kurang dari duapuluh centimeter hasilnya digabungkan bilamana ada lapisan yang berbeda maka dihitung dengan tersendiri. CBR per titik dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$CBR_R = \left\{ \frac{\sum_i^n h_i CBR_i^{1/3}}{\sum_i h_i} \right\}^3 \dots\dots\dots(4.3)$$

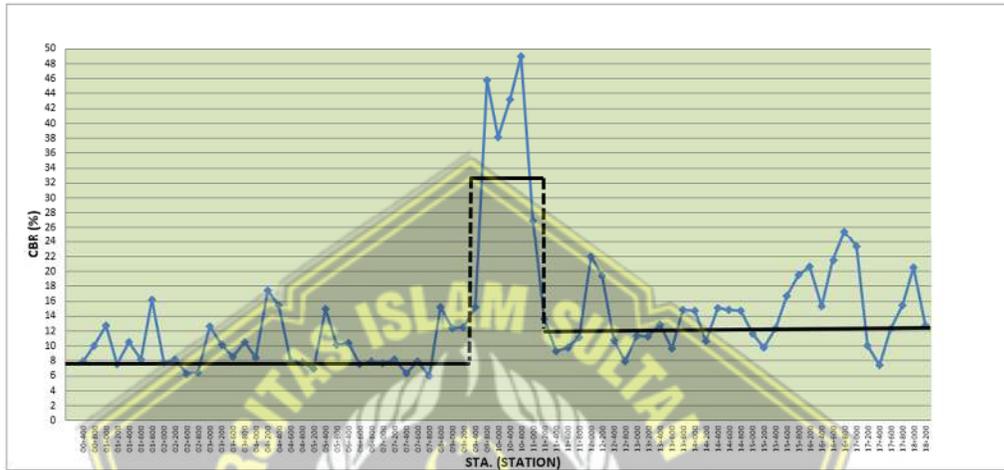
Dimana :

CBR_R = nilai CBR rata-rata

CBR_i = CBR setiap lapisan i

h_i = perlapis tebal tanah

CBR titik keseluruhan dibuatkan grafik, titik-titik yang beragam dikelompokkan berdasarkan nilai yang relatif sama. Pengelompokan ini dimaksudkan untuk menjadi CBR Rencana yang mewakili dari beberapa titik. Terdapat tiga segmen yang relatif sama pada analisis ini dan pengelompokan CBR dapat dilihat pada Gambar 4.1 Grafik Segmentasi CBR.



Gambar 4.1 Grafik Segmentasi CBR

Dari grafik CBR yang seragam dapat dibagi menjadi tiga segmen yaitu Segmen 1 (Sta. 00+000 – Sta. 09+400), Segmen 2 (Sta. 09+400 – Sta. 12+200) dan Segmen 3 (Sta. 12+200 – Sta. 18+200). Perhitungan CBR Segmen dikelompokkan dari nilai terkecil ke nilai yang terbesar yang selanjutnya dihitung jumlah CBR sama atau lebih besar dan dilanjutkan prosentase dari jumlah yang sama atau yang lebih besar. Tahap selanjutnya perhitungan CBR rata-rata dari CBR segmen yang ditinjau. Tiap segmen tersebut dihitung dengan analitis dan persentil. Nilai CBR Segmen dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$CBR_{segmen} = CBR_{rata-rata} - \frac{CBR_{maks} - CBR_{min}}{F} \dots\dots\dots(4.4)$$

Dimana :

CBR_{segmen} = CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau

CBR_{maksimum} = CBR yang tertinggi sepanjang segmen yang ditinjau

CBR_{minimum} = CBR terendah sepanjang segmen yang ditinjau

CBR_{rata-rata} = CBR rata-rata sepanjang segmen yang ditinjau

F = Koefisien perhitungan CBR segmen.

Pengujian pengamatan paling kecil dua titik dan paling banyak tidak ditentukan jumlah titiknya. Titik pengujian makin kecil nilai koefisennya makin kecil dan sebaliknya makin banyak jumlah titiknya semakin besar koefisien untuk perhitungan CBR segmennya. Koefisien pembagi untuk menentukan CBR segmen bisa diambil dari Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Koefisien Perhitungan CBR segmen

Jumlah pengujian titik pengamatan (buah)	Koefisien (<i>F</i>)
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 : (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013, p. 17)

Perhitungan CBR Segmen 1 (Sta. 00+400 – Sta. 09+400). Titik pengamatan pada segmen satu sebanyak tiga puluh lima titik. Perhitungan dengan manual sesuai dengan persamaan CBR segmen. CBR segmen satu dengan Perhitungan secara grafis bisa dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Perhitungan Grafis CBR Segmen 1

CBR. (%)	Jumlah yang sama	Persen (%) yang sama
	atau lebih besar	atau lebih besar
6,005	35	100,00
6,264	34	97,14
6,374	33	94,29

Berlanjut

Tabel 4.8 Perhitungan Grafis CBR Segmen 1 (lanjutan)

CBR (%)	Jumlah yang sama	Persen (%) yang sama
	atau lebih besar	atau lebih besar
6,472	32	91,43
6,981	31	88,57
7,527	30	85,71
7,541	29	82,86
7,742	28	80,00
7,807	27	77,14
7,823	26	74,29
7,931	25	71,43
7,94	24	68,57
7,946	23	65,71
7,95	22	62,86
8,182	21	60,00
8,221	20	57,14
8,224	19	54,29
8,363	18	51,43
8,541	17	48,57
9,965	16	45,71
10,094	15	42,86
10,109	14	40,00
10,381	13	37,14
10,459	12	34,29
10,546	11	31,43
12,416	10	28,57
12,487	9	25,71
12,595	8	22,86
12,696	7	20,00
14,919	6	17,14
15,145	5	14,29
15,2	4	11,43
15,415	3	8,57
16,168	2	5,71
17,372	1	2,86

CBR rata-rata = 9,99 %

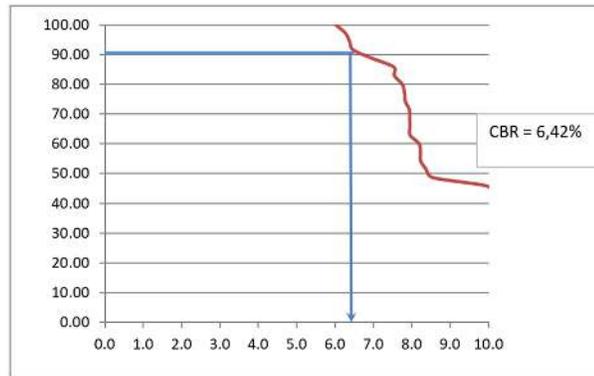
CBR maksimum = 17,372 %

CBR minimum = 6,005 %

$$CBR_{segmen} = 9,99 - \frac{17,372 - 6,005}{3,18}$$

CBR segmen 1 = 6,42 %

Perhitungan persentil CBR segmen 1 dengan cara grafik terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Perhitungan CBR Persentil Segmen 1

Perhitungan CBR Segmen 2 (Sta. 09+400 – Sta. 11+000). Perhitungan secara grafis bisa dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Perhitungan Grafis CBR Segmen 2

CBR (%)	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persen (%) yang sama atau lebih besar
15.145	6	100.00
26.918	5	83.33
38.12	4	66.67
43.196	3	50.00
45.822	2	33.33
48.968	1	16.67

CBR rata-rata = 28,20 %

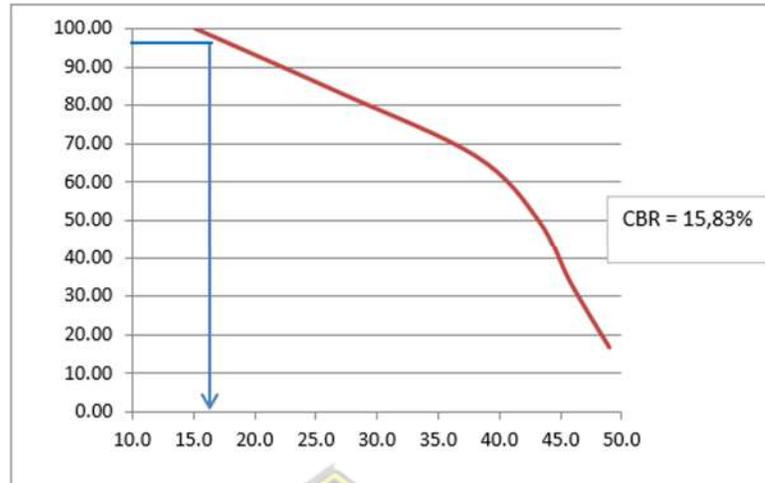
CBR maksimum = 48,968 %

CBR minimum = 15,145%

$$CBR_{segmen} = 40,60 - \frac{48,968 - 26,918}{2,48}$$

CBR segmen 2= 15,83 %

Perhitungan persentil CBR segmen 2 bisa dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Perhitungan CBR Persentil Segmen 2

Perhitungan CBR Segmen 3 (Sta. 11+000 – Sta. 18+200). Perhitungan secara grafis bisa dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 10 Perhitungan Grafis CBR Segmen 3

CBR (%)	Jumlah yang sama	Persen (%) yang sama
	atau lebih besar	atau lebih besar
7,453	30	100,00
7,95	29	96,67
9,271	28	93,33
9,633	27	90,00
9,748	26	86,67
9,802	25	83,33
10,001	24	80,00
10,62	23	76,67
10,816	22	73,33
11,183	21	70,00
11,252	20	66,67
11,384	19	63,33
11,598	18	60,00
12,188	17	56,67
12,394	16	53,33
12,737	15	50,00
12,805	14	46,67
13,541	13	43,33
14,727	12	40,00

Berlanjut

Tabel 4.10 Perhitungan Grafis CBR Segmen 3 (lanjutan)

CBR (%)	Jumlah yang sama	Persen (%) yang sama
	atau lebih besar	atau lebih besar
14,808	11	36,67
15,084	10	33,33
15,368	9	30,00
15,43	8	26,67
16,74	7	23,33
19,339	6	20,00
19,502	5	16,67
20,485	4	13,33
20,627	3	10,00
21,54	2	6,67
22,035	1	3,33

CBR rata-rata = 13,67 %

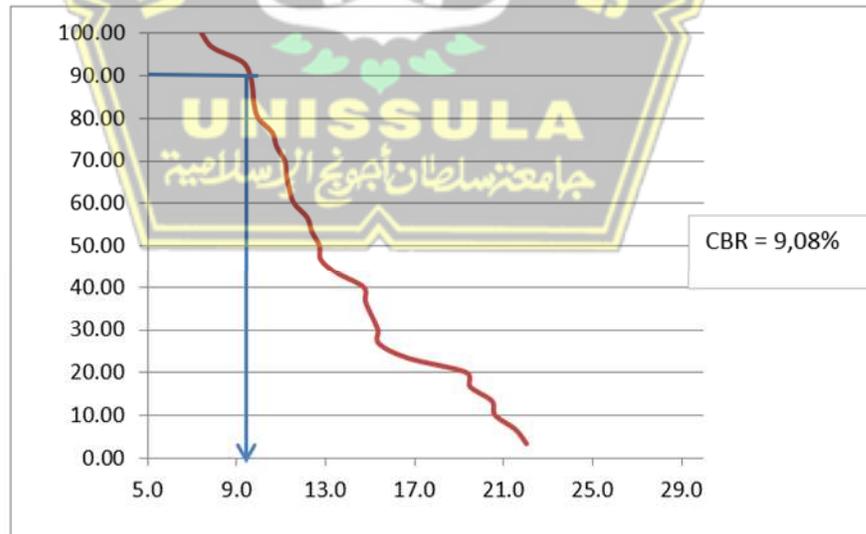
CBR maksimum = 22,035 %

CBR minimum = 7,453 %

$$CBR_{\text{segmen}} = 13,67 - \frac{22,035 - 7,453}{3,18}$$

CBR segmen 3 = 9,08 %

Perhitungan persentil CBR Segmen 3 bisa dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Perhitungan CBR Persentil Segmen 3

4.2.3 Menentukan Reliabilitas

Reliabilitas pada jalan terbagi menjadi dua yaitu pada jalan perkotaan dan jalan antar kota. Pembahasan ini terfokus pada jalan antar kota dengan nilai dari 50% sampai 99,99%, pada Jalan Bebas Hambatan dengan nilai 80% - 99,99%, pada jalan Arteri Tingkat Reliabilitas 75%-95%, pada jalan Kolektor dengan nilai antara 75%-95% dan Jalan Lokal dengan nilai 50% - 80%. Nilai reliabilitas pada Ruas Jalan Iwur – Waropko dengan jalan kolektor, jalan antar kota dengan angka 80% dan tercantum pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Rekomendasi Reliabilitas

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99.9	80 – 99.9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Reliabilitas akan menentukan tingkat penyimpangan normal standar (*Standard normal deviate*). Semakin besar nilai standar normal semakin kecil tingkat reliabilitasnya. Nilai reliabilitas kecil maka *standar normal deviate* semakin besar. Angka reliabilitas 50% dengan standar normalnya nol dan angka reliabilitas 99,99% dengan nilai reliabilitas -3,750. Analisis ruas jalan ini dengan reliabilitas 80% sehingga nilai standar normalnya -0,841 dan terlihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Nilai Penyimpangan Normal (*Standard Normal Deviate*)

Reliabilitas, R (%)	<i>Standar Normal Deviate, ZR</i>
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Sumber : (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 6)

4.2.4 Menentukan Indeks Permukaan Awal (IP0) dan Akhir Desain (IPt)

Berdasarkan klasifikasi jalan yang direncanakan termasuk jalan kolektor dengan batasan angka Indeks Permukaan dari 1,5 sampai 2,5. Angka 1,5 menunjukkan jalan dengan tingkat layanan yang sangat rendah. Angka 2,0 menunjukkan tingkat layanan yang rendah dan jalan cukup stabil. Angka 2,5 menunjukkan bahwa jalan masih stabil. Nilai akhir rencana pada analisis ini dengan angka koefisien 1,5 dan dasar koefien dari analisis bisa dilihat pada Tabel 4.13. Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana.

Tabel 4. 13 Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana

Klasifikasi Jalan			
Lokal	Kolektor	Arteri	Bebas Hambatan
1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
-	2,0 -2,5	2,5	-

Sumber : (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 8)

Kerataan dari jalan beraspal ditentukan dengan pengujian IRI (*International Roughness Index*). Semakin kecil dari nilai IRI maka jalan tersebut semakin rata. Pada awal umur rencana perkerasan jalan ini menggunakan aspal, tingkat kerataan dari permukaan jalan dengan nilai IRI lebih dari satu. Nilai permukaan awal dengan nilai 3,5 – 3,9. Dasar pengambilan koefisien Indeks Permukaan Awal dapat dilihat pada Tabel 4.14. Indeks Permukaan Awal.

Tabel 4. 14 Indeks Permukaan Awal

Jenis Lapis Perkerasan	IP0	Ketidakrataan (IRI, m/Km)
LASTON	≥ 4	≤ 1,0
	3,9 – 3,5	>1,0
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2,0
	3,4 – 3,0	>2,0
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3,0
	2,9 – 2,5	>2,0

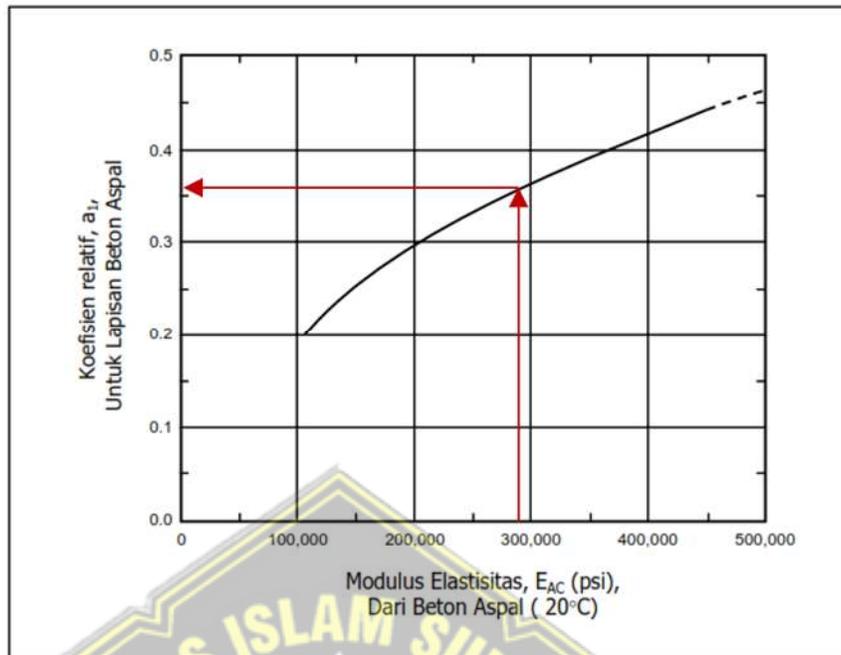
Sumber : (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 8)

4.2.5 Koefisien Kekuatan Bahan

Bahan konstruksi perkerasan jalan lentur dari permukaan berupa Aspal yang lapis dibawahnya *Base Course* (Agregat Kelas A) dan *Sub Base Course* (Agregat Kelas B). Nilai *Modulus* elastisitas dari bahan lapis permukaan 280.000 psi sampai 400.000 psi. *Modulus Resilient Base Course* sebesar 29.500 Psi dan *Sub Base Course* dengan nilai *Modulus Resilient* sebesar 18.000 psi.

1. Aspal

Perkerasan Aspal dengan dengan Angka Koefisien Kekuatan Bahan dengan nilai 0,35 sampai 0,4. Modulus Elastisitas dari Aspal HRS WC dengan nilai didapat 290.000 Psi maka didapat angka 0,36 sebagai Koefisien Kekuatan Bahan. Angka koefisien bahan aspal dapat dilihat pada Gambar 4.5. Grafik Kekuatan Relatif Aspal.

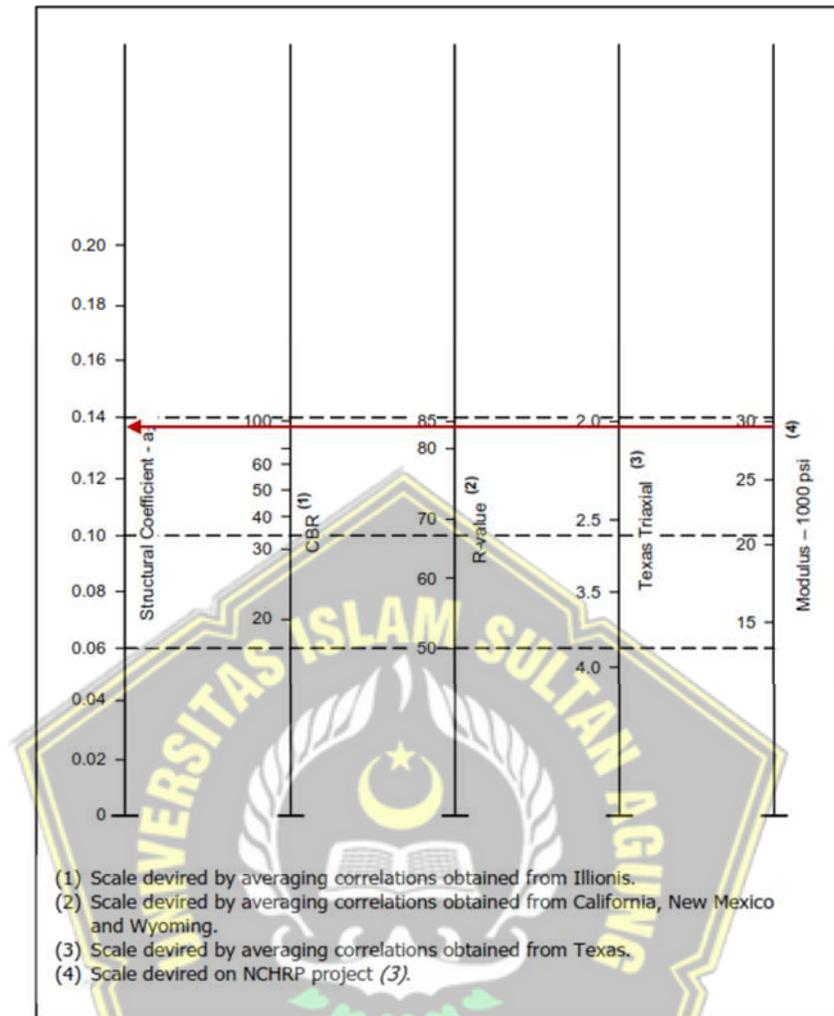


Gambar 4.5 Grafik Kekuatan Relatif Aspal

Sumber : (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 10)

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Base Course yang merupakan Lapis Pondasi Atas (Agregat Kelas A), dengan nilai CBR di atas 90%. Grafik kekuatan relatif bahan pada Lapis Fondasi Atas menunjukkan nilai 0,14 dan nilai *Modulus Resilient* sebesar 29.500 Psi, dapat dilihat pada Gambar 4.6. Grafik Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Kelas A.

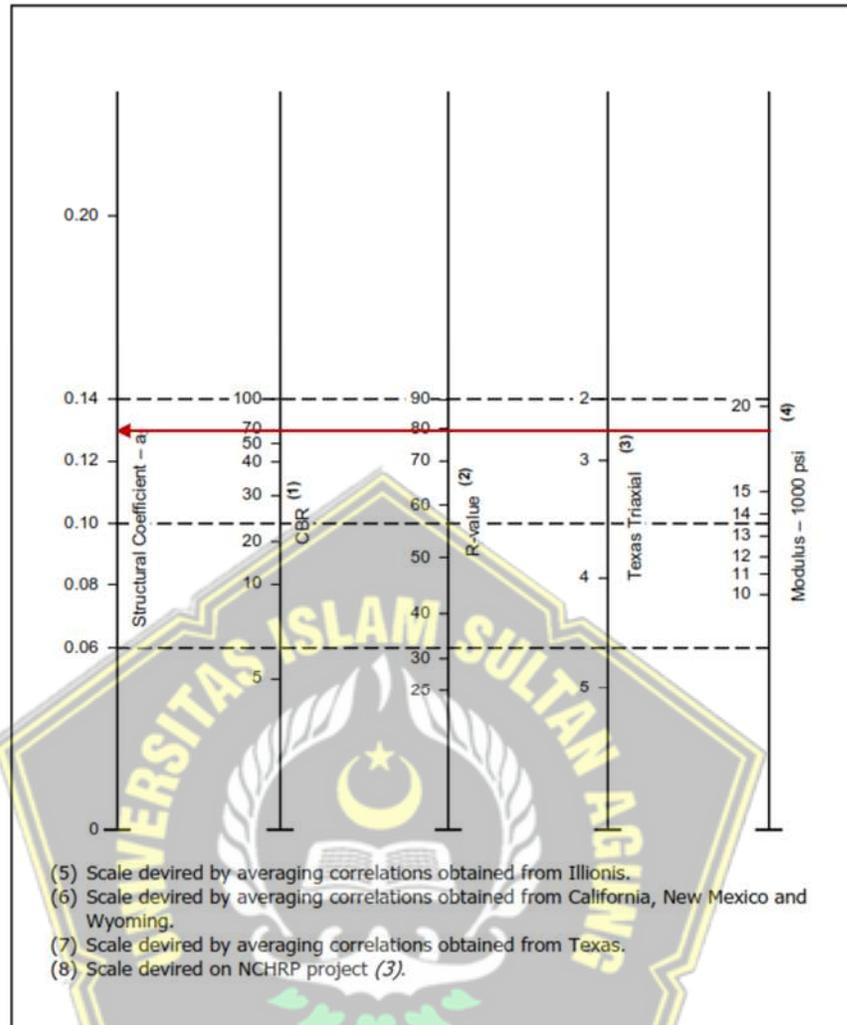


Gambar 4.6 Grafik Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Kelas A

Sumber : (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 11)

3. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis Pondasi Bawah yang berupa Agregat Kelas B dengan nilai CBR di atas 60%. Grafik kekuatan relatif bahan pada Lapis Pondasi Bawah menunjukkan nilai 0,13 dan nilai *Modulus Resilient* sebesar 18.000 psi, dapat dilihat pada Gambar 4.7. Grafik Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Kelas B.



Gambar 4. 7 Grafik Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Kelas B

Sumber : (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, p. 14)

4.2.6 Perhitungan Numerik Metode Analisa Komponen

Analisis Tebal Perkerasan ini terbagi menjadi 3 segmen yaitu Segmen Pertama dengan CBR tanah dasar 6,50 %, Segmen Kedua dengan CBR tanah dasar 15,83% dan Segmen Ketiga dengan CBR 9, 08%. Perhitungan secara detail pada segmen pertama dan selanjutnya tahapan analisis sama dengan di Segmen Pertama. Persamaan Numerik Analisa Komponen pada rumus 3.4 yaitu :

$$\log_{10}(W18) = Z_R \times S_0 + 9,36x \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(M_R) - 8,07 \dots\dots\dots(4.5)$$

Perhitungan Indeks Tebal Perkerasan dengan persamaan sebagai berikut :

$$ITP = a1D1 + a2D2 + a3D3 \dots\dots\dots(4.6)$$

Dimana :

- ITP = Indeks Tebal Perkerasan
- a1 = Koefisien relatif kekuatan relatif aspal
- a2 = Koefisien relatif kekuatan Lapis Fondasi Atas
- a3 = Koefisien relatif kekuatan Lapis Fondasi Bawah
- D1 = Ketebalan Lapis Permukaan Aspal (inch)
- D2 = Ketebalan Lapis Fondasi Atas (inch)
- D3 = Ketebalan Lapis Fondasi Bawah (inch)

Adapun data-data yang sama sebagai acuan perhitungan sebagai berikut :

Jumlah Lalu Lintas Rencana (W18) = 402.611, 00 ESA

$\log_{10}(W18) = 5,605$

Reabilitas (R) = 80%

$Z_r = -0,841$

Standard Normal = 0,45

CBR Tanah Dasar = 6,42%

Modulus Resilient Tanah Dasar :
 $MR \text{ (Psi)} = 1500 \times CBR \text{ (\%)} = 9.630 \text{ Psi}$

Modulus Resilient Lapis Fondasi Bawah :

$MR \text{ (Psi)} = 18.000 \text{ Psi}$

Modulus Resilient Lapis Fondasi Atas :

$MR \text{ (Psi)} = 29.500 \text{ Psi}$

Modulus Lapisan Beraspal :

$MR \text{ (Psi)} = 290.000 \text{ Psi}$

Initial Serviceability (Po) = 3,6

$$\text{Terminal Serviceability (Pt)} = 1,5$$

$$\Delta\text{PSI} = 2,1$$

$$\text{Indek Permukaan hancur (Ipf)} = 1,6$$

Koefisien tiap *layer* perkerasan :

$$a_1 \text{ (lapis aspal, HRS WC)} = 0,36$$

$$a_2 \text{ (Lapis Perkerasan Pondasi Atas, Agg. Kelas A)} = 0,14$$

$$a_3 \text{ (Lapis Perkerasan Pondasi Bawah, Agg. Kelas B)} = 0,14$$

4.2.6.1 Perancangan Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen CBR

6,50%

Diketahui :

$$\text{CBR} = 6,50\%$$

$$\text{Modulus Resilient MR (Psi)} = 1500 \times \text{CBR} (\%)$$

$$= 9.630 \text{ Psi}$$

Perhitungan Indek Tebal Perkerasan dengan Persamaan, $ITP = a_1D_1 + ma_2D_2 + ma_3D_3$

Menghitung ITP1

$$5,605 = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,1}{3,6 - 1,6} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5,19}}}$$

$$10,369 - 8,07$$

Didapatkan hasil ITP 1 = 1,59778

Menghitung tebal Lapisan Beraspal :

$$ITP_1 = a_1 \times D_1$$

$$D_1 = \frac{ITP_1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{1,59778}{0,36}$$

$$D_1 = 4,438 \text{ inch}$$

Menghitung ITP2

$$5,605 = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,1}{3,6-1,6} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP+1)^{5,19}}} + 9,872 - 8,07 \dots \dots \dots (4.9)$$

Didapatkan hasil ITP 2 = 1.935

Menghitung tebal Lapis Pondasi Atas :

$$ITP2 = a1 \times D1 + m \times a2 \times D2$$

$$D2 = \frac{(ITP2 - a1 \times D1)}{a2 \times m2}$$

$$D2 = \frac{(1,935 - 0,36 \times 4,438)}{0,14 \times 1}$$

$$D2 = 2,477 \text{ inch}$$

Menghitung ITP 3

$$5,605 = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,1}{3,6-1,6} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP+1)^{5,19}}} + 9,242 - 8,07 \dots \dots \dots (4.10)$$

Didapatkan hasil ITP 3 = 2,423

Menghitung tebal lapis Pondasi Bawah :

$$ITP3 = a1 \times D1 + m \times a2 \times D2 + m \times a3 \times D3 \dots \dots \dots (4.11)$$

$$D3 = \frac{(ITP3 - a1 \times D1 - m \times a2 \times D2)}{m \times a3}$$

$$D3 = \frac{(2,423 - 0,36 \times 4,438 - 1 \times 0,14 \times 2,477)}{1 \times 0,13}$$

$$D3 = 3,846 \text{ inch}$$

Menghitung ITP, yang menggabungkan antara angka koefisien masing-masing *layer* yang dikalikan dengan ketebalan yang didapatkan. Perhitungan Indek Tebal Perkerasan sebagai berikut :

$$ITP = a1D1 + ma2D2 + ma3D3$$

$$ITP = 0,36 \times 4,438 + 1 \times 0,14 \times 2,477 + 1 \times 0,13 \times 3,846$$

$$ITP = 2.423$$

Ketebalan masing-masing lapisan dari aspal, Lapis Pondasi Atas dan Lapis Pondasi Bawah mempunyai ketebalan minimum. Lapis pondasi Atas dengan

ketebalan minimum lima sentimeter, Lapis Pondasi Atas dengan ketebalan minimum 15 cm dan Lapis pondasi Bawah dengan ketebalan minimum 15 cm. Hasil dari keseluruhan perkerasan dan lapis pondasi dikonversikan dengan ketebalan dengan batas minimum yang ditentukan. ITP hasil harus sama atau lebih besar dari ITP desain. Dari analisis menghasilkan konstruksi perkerasan *Layer 1* Aspal HRS WC 5 cm, *Layer 2* Agg. Klas A 15 cm dan *Layer 3* Agg. Klas B 19 cm. Hasil konversi ketebalan dapat dilihat pada Tabel 4.15 Hasil Perkerasan Analisa Komponen CBR 6,42%.

Tabel 4. 15 Hasil Perkerasan Analisa Komponen dengan CBR 6,42%

Struktur Perkerasan	Koefisien Kekuatan Relatif (a)	Hasil Analisis		Konversi / Hasil		
		Ketebalan (inch)	a x D	Ketebalan (D)		a x D
				(cm)	(inch)	
HRS WC	0,3600	4,4400	1,5980	5	1,97	0,7090
Agg. Klas A	0,1400	2,4770	0,3370	15	5,91	0,8030
Agg. Klas B	0,1300	3,8460	0,4880	19	7,48	0,9500
ITP = Sum (axD) =			2,4230	≤		2,4610
CEK ITP Design ≤ ITP Hasil = OK						

4.2.6.2 Perancangan Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen CBR 15,83%

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{CBR} &= 15,83\% \\
 \text{Modulus Resilient MR (Psi)} &= 1500 \times \text{CBR} (\%) \\
 &= 23.746,00 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Indek Tebal Perkerasan dengan Persamaan, $ITP = a1D1 + ma2D2 + ma3D3$

Menghitung ITP1

$$5,605 = -0,841x0,45 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,1}{3,6 - 1,6} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5,19}}} + 10,369 - 8,07$$

Didapatkan hasil ITP 1 = 1,59778

Menghitung tebal lapisan beraspal :

$$ITP1 = a1 \times D1$$

$$D1 = \frac{ITP1}{a1}$$

$$D1 = \frac{1,59778}{0,36}$$

$$D1 = 4,438 \text{ inch}$$

Menghitung ITP2

$$5,605 = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,1}{3,6 - 1,6} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5,19}}} + 9,872 - 8,07$$

Didapatkan hasil ITP 2 = 1.935

Menghitung tebal Lapis Pondasi Atas :

$$ITP2 = a1 \times D1 + m \times a2 \times D2$$

$$D2 = \frac{(ITP2 - a1 \times D1)}{a2 \times m2}$$

$$D2 = \frac{(1.935 - 0,36 \times 4,438)}{0,14 \times 1}$$

$$D2 = 2,477 \text{ inch}$$

Menghitung ITP 3

$$5,605 = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,1}{3,6 - 1,6} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5,19}}} + 10,15 - 8,07$$

Didapatkan hasil ITP 3 = 1,741

Menghitung tebal Lapis Pondasi Bawah :

$$ITP3 = a1 \times D1 + m \times a2 \times D2 + m \times a3 \times D3$$

$$D3 = \frac{(ITP3 - a1 \times D1 - m \times a2 \times D2)}{m \times a3}$$

$$D3 = \frac{(1,741 - 0,36 \times 4,438 - 1 \times 0,14 \times 2,477)}{1 \times 0,13}$$

$$D3 = -1,526 \text{ inch}$$

Menghitung ITP, yang menggabungkan antara angka koefisien masing-masing *layer* yang dikalikan dengan ketebalan yang didapatkan. Perhitungan Indeks Tebal Perkerasan sebagai berikut :

$$ITP = a1D1 + ma2D2 + ma3D3$$

$$ITP = 0,36 \times 4,438 + 1 \times 0,14 \times 2,477 + 1 \times 0,13 \times -1,526$$

$$ITP = 1,741$$

Perhitungan Indeks Tebal Perkerasan dengan memasukkan data dari Jumlah Lalu Lintas Rencana (W18), Reabilitas (R), Zr, Standard Normal, *Modulus Resilient* Lapis Fondasi Bawah, *Modulus Resilient* Lapis Fondasi Atas, *Modulus* Lapisan Beraspal, Initial Serviceability (Po), Terminal Serviceability (Pt), yang digunakan untuk analisis tebal perkerasan lentur dengan CBR 15,83% sama dengan perhitungan sebelumnya. Langkah perhitungan per tahap, yang membedakan *Modulus Resilient* dari tanah dasarnya, CBR 15,83 % *Modulus Resilient* sebesar 23.746,00 psi. Hasil perhitungan ITP didapat 1,741 karena ada ketebalan minimum persyaratan maka dikonversikan dan diperoleh ITP hasil sebesar 2,261. Dari analisis menghasilkan konstruksi perkerasan *Layer 1* Aspal HRS WC 5 cm, *Layer 2* Agregat Klas A 15 cm, *Layer 3* Agregat Klas B 15 cm dan bisa dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Hasil Perkerasan Analisa Komponen dengan CBR 15,83%

Struktur Perkerasan	Koefisien Kekuatan Relatif (a)	Hasil Analisis		Konversi / Hasil			Keterangan
		Ketebalan (inch)	a x D	Ketebalan		a x D	
				(cm)	(inch)		
HRS WC	0,36	4,4380	1,5980	5	1,9690	0,709	Tebal Min 5 Cm
Agg. Klas A	0,14	2,4770	0,3370	15	5,9060	0,8030	Tebal Min 15 Cm
Agg. Klas B	0,13	-1,5270	-0,1940	15	5,9060	0,7500	Tebal Min 15 Cm
ITP = Sum (axD) =			1,7410	≤		2,2610	
CEK ITP Design ≤ ITP Hasil = OK							

4.2.6.3 Perancangan Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen CBR 9,08%

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{CBR} &= 9,08\% \\ \text{Modulus Resilient MR (Psi)} &= 1500 \times \text{CBR} (\%) \\ &= 13.620,00 \text{ Psi} \end{aligned}$$

Perhitungan Indek Tebal Perkerasan dengan Persamaan, $ITP = a_1D_1 + m a_2D_2 + m a_3D_3$

Menghitung ITP1

$$5,605 = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,1}{3,6 - 1,6} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5,19}}} + 10,369 - 8,07$$

Didapatkan hasil ITP 1 = 1,59778

Menghitung tebal Lapisan Beraspal :

$$ITP1 = a_1 \times D_1$$

$$D_1 = \frac{ITP1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{1,59778}{0,36}$$

$$D_1 = 4,438 \text{ inch}$$

Menghitung ITP2

$$5,605 = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,1}{3,6 - 1,6} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5,19}}} + 9,872 - 8,07$$

Didapatkan hasil ITP 2 = 1.935

Menghitung tebal Lapis Pondasi Atas :

$$ITP2 = a_1 \times D_1 + m \times a_2 \times D_2$$

$$D_2 = \frac{(ITP2 - a_1 \times D_1)}{a_2 \times m_2}$$

$$D2 = \frac{(1.935 - 0,36 \times 4,438)}{0,14 \times 1}$$

$$D2 = 2,477 \text{ inch}$$

Menghitung ITP 3

$$5,605 = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,1}{3,6 - 1,6} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5,19}}} + 0,006 - 8,07$$

Didapatkan hasil ITP 3 = 2,143

Menghitung tebal lapis Pondasi Bawah :

$$ITP3 = a1 \times D1 + m \times a2 \times D2 + m \times a3 \times D3$$

$$D3 = \frac{(ITP3 - a1 \times D1 - m \times a2 \times D2)}{m \times a3}$$

$$D3 = \frac{(2,143 - 0,36 \times 4,438 - 1 \times 0,14 \times 2,477)}{1 \times 0,13}$$

$$D3 = 1,643 \text{ inch}$$

Menghitung ITP, yang menggabungkan antara angka koefisien masing-masing *layer* yang dikalikan dengan ketebalan yang didapatkan. Perhitungan Indeks Tebal Perkerasan sebagai berikut :

$$ITP = a1D1 + a2D2 + a3D3$$

$$ITP = 0,36 \times 4,438 + 0,14 \times 2,477 + 0,13 \times 1,643$$

$$ITP = 2,143$$

Langkah perhitungan sama dengan perhitungan analisa komponen di bab sebelumnya. Pada CBR Segmen 3 sebesar 9,08% maka *Modulus Resilient* sebesar 13.620 psi., Hasil perhitungan ITP didapat 2,143 karena ada ketebalan minimum persyaratan maka dikonversikan dan diperoleh ITP hasil sebesar 2,261. Dari analisis menghasilkan konstruksi perkerasan *Layer 1* Aspal HRS WC 5 cm, *Layer 2* Agg. Klas A 15 mm dan *Layer 3* Agg. Klas B 15 mm dan bisa dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Hasil Perkerasan Analisa Komponen dengan CBR 9,08%

Struktur Perkerasan	Koefisien Kekuatan Relatif (a)	Hasil Analisis		Konversi / Hasil			Keterangan
		Ketebalan (inch)	a x D	Ketebalan		a x D	
				(cm)	(inch)		
HRS WC	0,36	4,4380	1,5980	5	1,9690	0,7090	Tebal Min 5 Cm
Agg. Klas A	0,14	2,4770	0,3370	15	5,9060	0,8030	Tebal Min 15 Cm
Agg. Klas B	0,13	1,6430	0,2090	15	5,9060	0,7500	Tebal Min 15 Cm
ITP = Sum (axD) =			2,1430	≤		2,2610	
CEK ITP Design ≤ ITP Hasil = OK							

4.3. Perancangan Tebal Perkerasan Lentur dengan *Software* Desain Perkerasan Jalan Versi 2.0

Software Desain perkerasan Jalan Versi 2 (SDPJ2) merupakan aplikasi untuk menghitung tebal perkerasan dari jalan baru, *overlay* di jalan existing dan rehabilitasi serta rekonstruksi. Pembahasan analisis pada penulisan ini membahas mengenai desain perkerasan di jalan baru, tidak membahas dari penambahan *overlay* pada jalan existing. Langkah dari perhitungan tebal perkerasan dengan *software* desain perkerasan jalan versi 2 dimulai dari menu utama yang terdiri dari Desain Perkerasan Jalan Baru, Desain *overlay* perkerasan lentur dan desain rehabilitasi dan rekonstruksi, sesuai dengan pembahasan dipilih pada menu Desain Perkerasan Jalan Baru dan bisa dilihat pada bab sebelumnya pada Gambar 4.8.



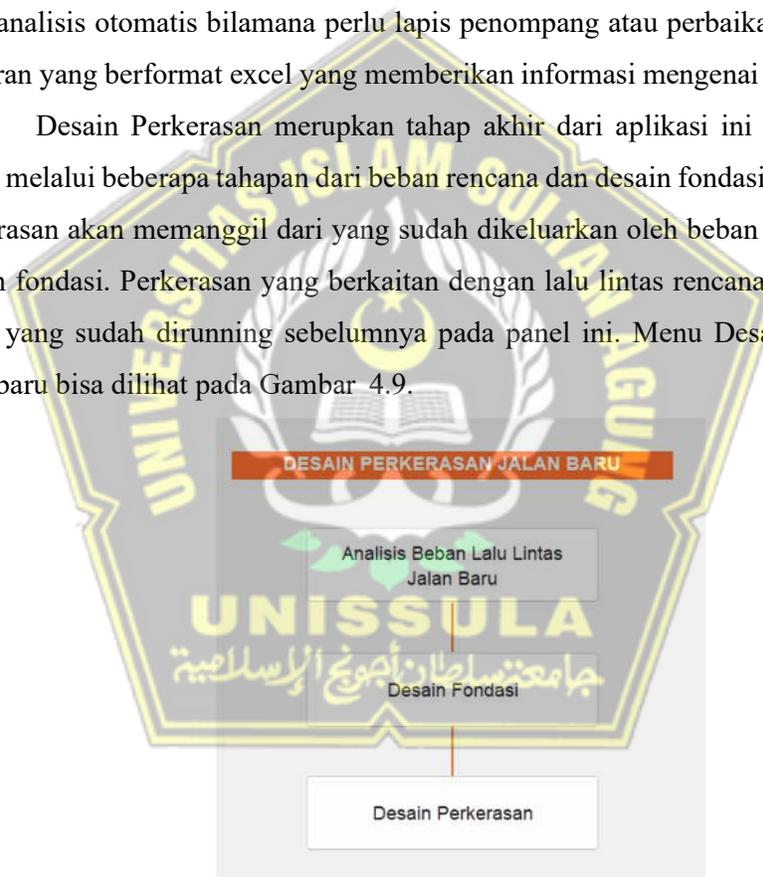
Gambar 4. 8 Menu Utama Software Desain Perkerasan Versi 2.0

4.3.1 Desain Perkerasan Jalan Baru

Aplikasi ini bisa dijalankan pada menu dipenuhi terlebih dahulu baru bisa dijalankan ke tahap berikutnya. Menu desain perkerasan jalan baru yang terdiri dari analisis beban lalu lintas jalan baru, desain fondasi dan desain perkerasan. Beban rencana kendaraan sampai akhir umur rencana. Beban rencana yang otomatis *dirunning* oleh program dengan satuan hasilnya dalam satuan ESA (*Equivalent Single Axle Load*).

Desain fondasi merupakan menu pada aplikasi yang menganalisis perkerasan jalan perlu lapis penompang atau tidak. Menginput data daya dukung tanah yang didapat dari pengujian di lapangan. Desain fondasi, *software* akan menganalisis otomatis bilamana perlu lapis penompang atau perbaikan tanah. Hasil keluaran yang berformat excel yang memberikan informasi mengenai desain fondasi

Desain Perkerasan merupakan tahap akhir dari aplikasi ini yang tentunya sudah melalui beberapa tahapan dari beban rencana dan desain fondasi. Tahap desain perkerasan akan memanggil dari yang sudah dikeluarkan oleh beban lalu lintas dan desain fondasi. Perkerasan yang berkaitan dengan lalu lintas rencana, daya dukung tanah yang sudah *dirunning* sebelumnya pada panel ini. Menu Desain perkerasan jalan baru bisa dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Menu Perkerasan Jalan Baru

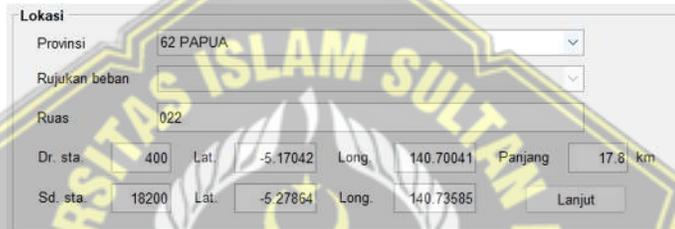
4.3.2 Analisis Beban Lalu Lintas Jalan Baru

Menu-menu pada beban lalu lintas jalan baru yang terdiri dari lokasi ruas jalan yang dilengkapi dengan koordinat awal dan koordinat akhir, station awal dan station akhir analisis dan panjang ruas yang direncanakan. Umur rencana dari ruas

yang direncanakan, Pengguna dari aplikasi ini, jenis tipe jalan, faktor distribusi, lalu lintas tahun pertama, VDF (*Vehicle Damage Factor*), distribusi beban, laju pertumbuhan lalu lintas, kapasitas jalan dan beban rencana kendaraan.

4.3.2.1 Lokasi Analisis

Lokasi analisis berada di Provinsi Papua, pada Ruas Jalan Iwur Waropko dengan nomor ruas 022. Panjang analisis sepanjang 17,8 kilometer yang dimulai dari Sta 00+400 sampai Sta. 18+200. Koordinat awal pada Latitude -5,17042 dan Longitude 140,70041. Koordinat akhir pada Latitude -5,27864 dan Longitude 140.73585. Lokasi analisis yang dituangkan pada aplikasi SDPJ2 terdapat pada Gambar 4.10.



The screenshot shows a web form titled 'Lokasi' with the following fields and values:

Provinsi	62 PAPUA						
Rujukan beban							
Ruas	022						
Dr. sta.	400	Lat.	-5.17042	Long.	140.70041	Panjang	17.8 km
Sd. sta.	18200	Lat.	-5.27864	Long.	140.73585	Lanjut	

Gambar 4. 10 Pengisian Lokasi Analisis

4.3.2.2 Umur Rencana

Umur rencana dari perkerasan pada jalan baru sudah ditentukan pada pedoman perancangan oleh Bina Marga. Perkerasan jalan lentur dengan umur rencana perkerasan selama 20 tahun. Perkerasan jalan kaku atau *Rigid Pavement* dengan umur rencana selama 40 tahun. Beban untuk kendaraan terbagi menjadi dua yaitu beban faktual dan beban normal. Beban faktual dengan pengambilan beban dari lapangan yang bisa dilakukan dengan WIM test. Beban normal dengan beban yang sudah ditentukan dari peraturan jalan. Pada analisis ini beban menggunakan beban normal dan untuk umur rencana pada aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Umur Rencana			
Lentur	<input type="text" value="20"/>	th.	Beban normal lentur 20 th.
Kaku	<input type="text" value="40"/>	th.	Beban normal kaku 40 th.
Beban faktual	<input type="text" value="0"/>	th.	

Gambar 4. 11 Umur Rencana

4.3.2.3 Tipe Jalan

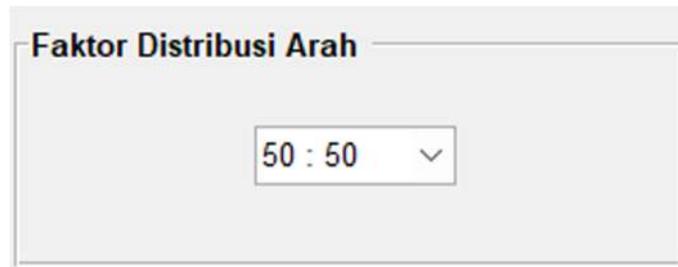
Tipe jalan terdiri dari beberapa tipe dari dua lajur satu arah tanpa pemisah (2/1 UD), empat lajur dengan dua arah tanpa median (4/2 UD), enam lajur dua arah dengan median (6/2 D), dua lajur dua arah tanpa median (2/2 UD), empat lajur dua arah tanpa median (4/2 UD). Jalan Iwur Waropko direncanakan dengan dua lajur tanpa median. Pemilihan tipe jalan bisa dilihat pada Gambar 4.12.

Tipe Jalan		
<input type="radio"/> 2/1 UD	<input type="radio"/> 4/2 UD	<input type="radio"/> 6/2 D
<input checked="" type="radio"/> 2/2 UD	<input type="radio"/> 4/2 D	

Gambar 4. 12 Pemilihan Tipe Jalan

4.3.2.4 Faktor Distribusi Arah

Faktor distribusi arah dengan angka koefisien 30% sampai 70%. Pada umumnya angka yang digunakan 0,5 (nol koma lima), kecuali pada kondisi kendaraan berat lebih dominan maka bisa digunakan 0,7. Kendaraan berat pada ruas jalan yang dianalisis tidak dominan maka perbandingan angka yang digunakan 0,5 atau pada aplikasi 50 : 50. Memasukkan koefisien faktor distribusi arah pada aplikasi SDPJ2 bisa dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Faktor Distribusi Arah

4.3.2.5 Lalu Lintas Harian Tahun Pertama

Lalu lintas harian tahun pertama menjadi dasar beban rencana pada umur perkerasan jalan. Data lalu lintas yang diinput dari data yang disiapkan terlebih dahulu dalam bentuk excel. Data yang disiapkan sesuai format yang disediakan pada aplikasi, dari kendaraan golongan 1 (skuter, sepeda motor, kendaraan roda tiga) , golongan 2 (jeep, station wagon dan sedan) , golongan 3 (pick up opelet, opelet, suburban, kombi) , golongan 4 (pickup, mobil hantaran dan mikro truk) , golongan 5a (bus kecil), golongan 5b (bus besar), golongan 6a (truk 2 sumbu ringan), golongan 6b (truk 2 sumbu) , golongan 7a (truk 3 sumbu), golongan 7b (truk gandengan) dan golongan 7c (truk 5 sumbu trailer). Data LHR diimport melalui menu yang sudah disiapkan. Data lalu lintas harian tahun pertama dapat dilihat pada Gambar 4.14.

Kelas kendaraan	Volume
1	602
2, 3, & 4	27
5A	12
5B	0
6A	5
6B	12
7A1	5
7A2	0
7B1	0
7B2	0
7C1	0
7C2A	0
7C2B	0
7C3	0

Gambar 4. 14 LHR Tahun Pertama

4.3.2.6 Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor, VDF*)

Beban ekuivalen ada dua macam yaitu dari Suplemen MDP 2017 dan mandiri. Ekuivalen beban ke sumbu terberat untuk mendapatkan beban rencana dari

perhitungan perkerasan. Beban kendaraan dari sepeda motor sampai di bus kecil tidak dihitung dan kendaraan dari bus besar sampai truk yang diperhitungkan karena beban melebihi delapan ton.. VDF Suplemen MDP 2017 berdasarkan peraturan pedoman yang dikeluarkan oleh Bina Marga pada Manual Desain Perkerasan jalan tahun 2017. VDF mandiri berdasarkan survei aktual di lapangan dengan menggunakan WIM test. Penulis menggunakan VDF yang dari suplemen MDP 2017 yang terlihat pada Gambar 4.15.

Kelas kendaraan	Faktual		Normal	
	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5
5B	1.2000	1.3000	1.2000	1.3000
6A	0.5000	0.4000	0.5000	0.4000
6B	0.8630	1.0249	0.5220	0.4466
7A1	0	0	0	0
7A2	13.2113	25.4770	4.5316	5.8197
7B1	0	0	0	0
7B2	0	0	0	0
7C1	0	0	0	0
7C2A	0	0	0	0
7C2B	0	0	0	0
7C3	0	0	0	0

Gambar 4.15 Faktor Ekuivalen Beban

4.3.2.7 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Perkembangan lalu lintas selama umur rencana ada dua macam yaitu konstan dan berubah. Laju pertumbuhan lalu lintas pada jalan desa, kolektor dan arteri, setiap daerah di Indonesia mempunyai pertumbuhan yang berbeda-beda. Pada umumnya laju pertumbuhan kendaraan dari satu persen sampai 5,14 % (lima koma empat belas persen) sesuai dari pedoman yang dikeluarkan Bina Marga 2017.

Analisis perkerasan lentur saat ini dengan laju pertumbuhan lalu lintas yang konstan dengan pertumbuhan 4,75%, yang berdasarkan nilai rata-rata di Indonesia berdasarkan bina marga 2017 dan bisa dilihat pada Gambar 4.16.

Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Konstan
 Berubah

Arteri & perkotaan 4.75 %
 Kolektor rural 4.75 %
 Jalan desa 1 %

Gambar 4. 16 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

4.3.2.8 Kapasitas Jalan (MKJI 1997)

Faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan yaitu tipe alinyemen, lebar lajur efektif, kelas hambatan samping dan lebar bahu efektif. Tipe alinyemen yang terdiri dari datar, bukit dan datar. Lebar lajur efektif dari lima meter, tujuh meter dan lainnya. Kelas hambatan samping dilihat mempengaruhi laju kendaraan pada ruas jalan, dari hambatan Sangat Rendah (*Very Low*), Rendah (*Low*), Sedang (*Medium*), Tinggi (*High*), Sangat Tinggi (*Very High*). Lebar bahu jalan dari setengah meter hingga dua meter. Kapasitas jalan pada analisis ini dengan mempertimbangkan faktor alinyemen pegunungan, lebar lajur efektif lima meter, kelas hambatan samping sangat rendah (VL) dan bahu efektif lebih dari setengah meter. Hasil dari kapasitas jalan pada umur 40 tahun masih memenuhi, jadi dengan lebar jalan lima meter masih mencukupi. Kapasitas jalan bisa dilihat pada Gambar 4.17.

Kapasitas Jalan (MKJI 1997)

Tipe alinyemen: Datar
Kelas hambatan samping: VL
Lebar lajur efektif (total 2 arah): 5 m
Lebar bahu efektif: <= 0.5 m

Hitung Kapasitas jalan tercapai tahun ke > 40

Gambar 4. 17 Kapasitas Jalan

4.3.2.9 Beban Rencana

Beban rencana perkerasan jalan lentur dalam satuan ESA (*equivalent standard axle load*), setiap kendaraan yang melewati jalan dengan beban tertentu bisa mengakibatkan kerusakan pada badan jalan.. Beban rencana pada aplikasi ada dua yaitu Cesa pangkat empat dan Cesa pangkat lima, yang digunakan pada perhitungan pada analisis ini pada Cesa pangkat lima. Hasil beban rencana lalu lintas selama 20 tahun sebesar 402,611.00 Esa dan dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Metode	Hasil
CESA4	307,101
CESA5	402,611
HVAG	705,375

Gambar 4.18 Beban Rencana Lalu Lintas

4.3.3 Desain Fondasi

Desain fondasi yang berhubungan dengan daya dukung dari tanah dasar apakah memerlukan lapis penompang atau tidak. Pada tahap ini dengan menginput data CBR yang sudah dipersiapkan dalam bentuk excel. CBR yang didapat dari pengujian di lapangan dan CBR yang didapat pada pengujian di laboratorium. CBR dari pengujian di lapangan yang menghasilkan CBR per titik. Data CBR lapangan dan CBR rendaman dari laboratorium diinput dalam program. Data yang sudah diinput pada aplikasi bisa dilihat pada Gambar 4.19.

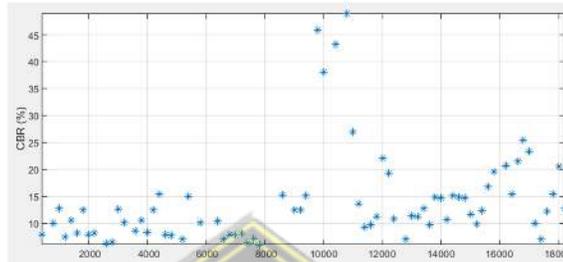
Sta.	% lolos saringan 0.075mm	LL (%)	PI (%)	Kadar air asli (%)	Kadar air optimum (CBR lab) (%)	Jenis tanah	Swelling (%)	Level muka air tanah di bawah tanah dasar (mm)	Rentang CBR (%)	CBR Bagan Desain I (%)	CBR lab (%)	CBR DCP (%)	Tanah problematik	CBR (%)
430	86	62.22	20.83	-	-	-	3	1186	-	-	-	7.946	-	-
800	86	62.22	20.83	-	-	-	3	1216	-	-	-	9.965	-	-
1000	86	62.22	20.83	-	-	-	3	1207	-	-	-	12.696	-	-
1200	86	62.22	20.83	-	-	-	3	864	-	-	-	7.527	-	-
1400	86	62.22	20.83	-	-	-	3	1426	-	-	-	10.545	-	-
1600	86	62.22	20.83	-	-	-	3	1234	-	-	-	8.221	-	-
1800	86	62.22	20.83	-	-	-	3	1250	-	-	12.5	16.168	-	-

Gambar 4.19 Desain Fondasi

4.3.3.1 CBR Titik

CBR yang telah diinput akan dituangkan dalam grafik CBR dan terlihat pada grafik dengan nilai yang bervariasi. Dari station awal sampai station akhir tentunya ada beberapa kelompok yang mempunyai nilai relatif seragam. Keseragaman dari

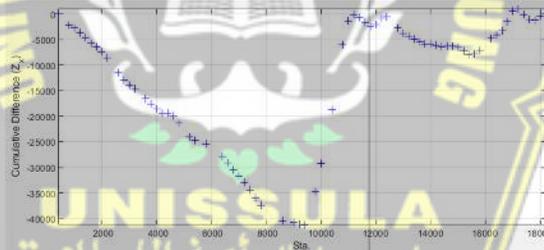
titik-titik kelompok akan digolongkan atau disegmentasikan yang menghasilkan CBR rencana. Bilamana pada kelompok ada nilai yang perbedaan yang signifikan, tentunya akan ditinjau ulang apakah sudah benar datanya atau bisa juga dikeluarkan untuk tidak dimasukkan dalam group. Hasil CBR titik bisa dilihat di grafik pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20 Grafik CBR Titik

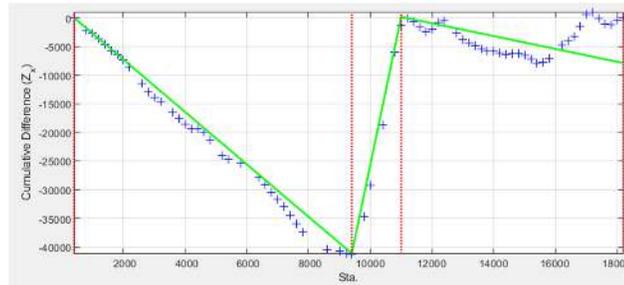
4.3.3.2 CBR Segmen

Pengelompokan CBR akan *dirunning* oleh program yang akan memunculkan titik-titik yang saling terhubung untuk dijadikan segmentasi. Garis yang relatif seragam yang linier dari salah satu kelompok selanjutnya dibuatkan garis penghubung yang menghasilkan CBR rencana, bisa dilihat pada Gambar 4.21.



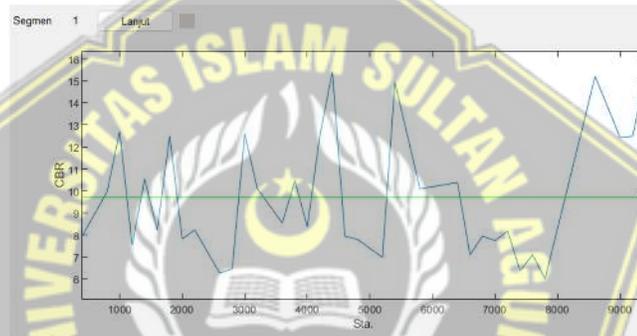
Gambar 4. 21 Keseragaman Linier

Grafik CBR analisis menunjukkan ada keseragaman relatif sama pada Sta. 00+000 – Sta. 09+400 (segmen 1), Sta. 09+400 – Sta. 11+000 (segmen 2) dan Sta. 11+000 – Sta. 18+200 (segmen 3). Grafik CBR segmen bisa dilihat pada Gambar 4.22.



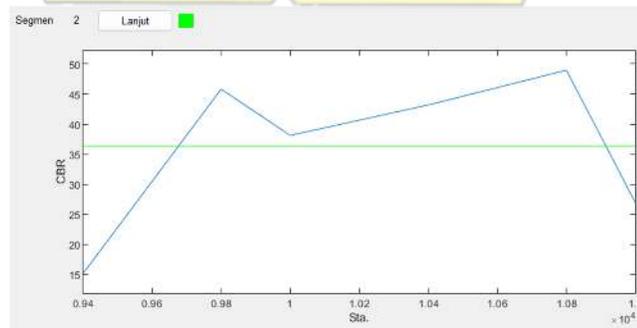
Gambar 4. 22 Grafik CBR Segmen

Setiap segmen akan menggambarkan secara detail dari CBR kelompok. CBR segmen 1 (satu) pada grafik terlihat dengan CBR paling rendah 6% (enam persen) dan CBR paling tinggi dengan nilai 15%. Grafik segmen 1 tertuang pada Gambar 4.23.



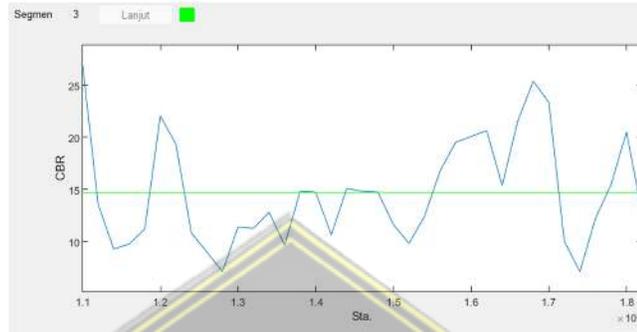
Gambar 4. 23 Grafik CBR Segmen 1

Grafik segmen 2 , Sta. 9+400 – Sta. 11+000 menunjukkan CBR minimum 15% dan CBR maksimum 45%, ini karena keterkaitan dengan penarikan garis CBR dari segmen satu yang menerus ke segmen 2 dan selanjutnya ke segmen 3. Grafik CBR segmen 3 tergambar pada gambar 4.24.



Gambar 4. 24 Grafik CBR Segmen 2

Grafik segmen 3 dari Sta. 11+000 – Sta. 18+200 menunjukkan CBR minimum 9 % dan CBR maksimum 25%. Grafik CBR segmen 3 bisa dilihat pada Gambar 4.25. Proses selanjutnya mencari CBR wakil pada tiap-tiap segmen. Dari ketiga segmen tersebut menghasilkan CBR wakil yang menjadi dasar diperlukan tidaknya perbaikan tanah dasar/fondasi pada segmen tersebut.



Gambar 4. 25 CBR Segmen 3

Hasil analisis CBR wakil pada segmen 1 (Sta. 00+400 – Sta. 9+400) menghasilkan CBR wakil sebesar 7%. Segmen 2 (Sta. 09+400 – Sta. 11+000) menghasilkan CBR wakil sebesar 15%. Segmen 3 (Sta. 11+000 – Sta. 18+200) menghasilkan CBR wakil sebesar 10%. Dari keseluruhan segmen tidak ada perlu perbaikan tanah dasar. Hasil CBR wakil dan tidak diperlukannya perbaikan tanah dasar ditampilkan pada Gambar 4.26.

Seg.	Dr. sta.	Sd. sta.	Mean	SD	Cov	CBR wakil (%)	Kelas	Tebal min. material perbaikan fondasi (mm)
1	400	9400	10	3	29	7	SG5	-
2	9400	11000	35	13	36	15	SG6	-
3	11000	18200	15	5	36	10	SG6	-

Gambar 4. 26 Hasil CBR Wakil dan Tanpa Perbaikan Pondasi

4.3.4 Desain Perkerasan

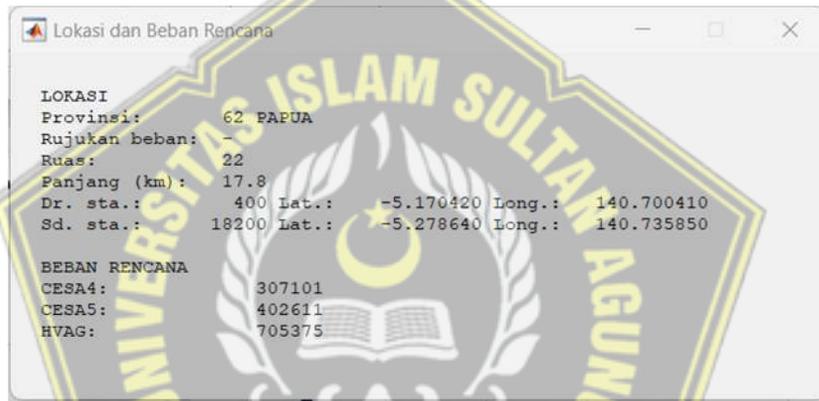
Desain perkerasan yang dipengaruhi oleh data dukung tanah dan beban rencana lalu lintas. Data fondasi pada desain perkerasan diambil terlebih dahulu untuk menjalankan mendapatkan hasil akhir. Beban rencana dari *running* sebelumnya secara otomatis menempel pada aplikasi disaat akan menjalankan desain perkerasan. Untuk memastikan data awal dari lokasi, serta beban rencana bisa dicek

pada menu lihat di lokasi dan beban rencana. Analisis pada pembahasan ini perkerasan lentur maka dipilih panel lentur dan bisa dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 27 Menu Desain Perkerasan Lentur

Memastikan lokasi yang dianalisis bisa dicek pada menu lihat untuk mengetahui lokasi, koordinat, station dan beban rencana dan bisa dilihat pada Gambar 4.28 Review lokasi dan beban rencana.



Gambar 4. 28 Review Lokasi dan Beban Rencana

Langkah selanjutnya ke harga satuan, pada aplikasi ini menghasilkan konstruksi yang berdasarkan peringkat dari biaya terendah sampai termahal. Panel harga satuan dijalankan dengan mengambil data yang sudah disiapkan. Daftar harga dari perkerasan permukaan, lapis fondasi atas dan lapis fondasi bawah dan bisa dilihat pada Gambar 4.29.

Pekerjaan	Harga satuan	Unit
AC WC	3059100	ton
AC BC	2923100	ton
AC Base	2716800	ton
HRS WC	3612600	ton
HRS Base	3424800	ton
Burtu	26850	m2
Burda	44600	m2
CTB	1657500	m3
Kerikil alam	1307900	m3
LFA A	1580500	m3
LFA B	1535200	m3
Tanah semen	928400	m3

Gambar 4.29 Data Harga Satuan

Inputing data harga satuan secara otomatis hasil akan keluar hasil konstruksi perkerasan jalan berdasarkan peringkat estimasi biaya. Hasil berdasarkan segmen yang ditentukan pada segmentasi CBR, dengan beberapa opsi untuk bisa menentukan pilihan. Material terdiri dari lapis perkerasan permukaan dan lapis fondasi atas dan lapis fondasi bawah. Kolom terakhir peringkat estimasi biaya yang mana pada peringkat pertama dengan estimasi biaya paling rendah. Hasil perkerasan lentur dengan aplikasi SDPJ2 bisa dilihat pada Gambar 4.30.

Hasil
Lihat segmen 1 Dr. sta. 400 Sd. sta. 9400 CBR fondasi 7 %

Bagan Desain	Opsi	Material	Tebal (mm)	Peringkat estimasi biaya
3A	1	HRS WC	50	13
		HRS Base	0	
		LFA A	150	
3A	2	HRS WC	50	12
		HRS Base	0	
		LFA A	150	
3A	3	LFA B	150	11
		HRS WC	50	
		HRS Base	0	
3A	4	LFA A	150	5
		kerikil alam	150	
		HRS WC	50	

Gambar 4.30 Hasil Perkerasan Lentur

Hasil perkerasan lentur disimpan dalam format excel. perkerasan yang dipilih perkerasan lapis permukaan dengan aspal HRS WC dan untuk lapis pondasinya dengan Lapis Fondasi Klas A dan Lapis Fondasi Klas B, dengan hasil sebagai berikut :

1. Segmen 1 dengan CBR 7%, pada Sta. 00+400 – Sta. 09+400 dengan perkerasan HRS WC, 5 cm, Agg. Klas A, 15 cm dan Agg. Klas B, 15 cm.
2. Segmen 2 dengan CBR 15% pada Sta. 09+400 – Sta. 11+000 dengan perkerasan HRS WC, 5 cm, Agg. Klas A, 15 cm dan Agg. Klas B, 15 cm.
3. Segmen 3 dengan CBR 10% pada Sta. 11+000 – Sta. 18+200 dengan perkerasan HRS WC, 5 cm, Agg. Klas A, 15 cm dan Agg. Klas B, 15 cm.

Hasil perkerasan lentur secara lengkap bisa dilihat lampiran. Perkerasan dari ketiga segmen dengan perkerasan HRS WC, Lapis Fondasi Kelas A dan Lapis Fondasi Kelas B tertabel pada Gambar 4.31.

HASIL DESAIN					
Segmen		1	Dr. sta.	400	Sd. sta. 9400
CBR fondasi		7			
Bagan Desain	Opsi		Material	Tebal (mm)	Peringkat estimasi biaya
3A		2	HRS WC	50	11
			HRS Base	0	
			LFA A	150	
			LFA B	150	
Segmen		2	Dr. sta.	9400	Sd. sta. 11000
CBR fondasi		15			
Bagan Desain	Opsi		Material	Tebal (mm)	Peringkat estimasi biaya
3A		2	HRS WC	50	11
			HRS Base	0	
			LFA A	150	
			LFA B	150	
Segmen		3	Dr. sta.	11000	Sd. sta. 18200
CBR fondasi		10			
Bagan Desain	Opsi		Material	Tebal (mm)	Peringkat estimasi biaya
3A		2	HRS WC	50	11
			HRS Base	0	
			LFA A	150	
			LFA B	150	

Gambar 4.31 Hasil Analisis SDPJ2

4.4. Analisa Biaya

Harga satuan pada konstruksi jalan ini terdiri dari lapis permukaan jalan yaitu HRS WC, lapis pondasi atas (Agregat Kelas A) dan lapis pondasi bawah (Agregat Kelas B). Harga untuk aspal HRS WC sebesar Rp 3.059.100,00 / ton, *prime coat* (lapis perekat) Rp 21.000,00 / liter, Agregat Kelas A (*Base Course*) Rp

1.580.500,00 / m³ dan Agregat Kelas B (*Sub Base Course*) Rp 1.535.200,00 / m³. Hasil analisis Jalan Iwur – Waropko terbagi menjadi 3 segmen, menghasilkan perkerasan pada segmen 1 ada perbedaan ketebalan pada lapis pondasi bawah. Segmen 2 dan 3 dengan ketebalan konstruksi yang sama. Pada pembahasan ini yang dibandingkan pada segmen 1. Metode analisa komponen pada segmen 1 dengan hasil lapis permukaan aspal HRS WC 5 cm, lapis pondasi atas agregat kelas A 15 cm dan lapis pondasi bawah agregat kelas B 19 cm. *Software* desain perkerasan jalan 2 dengan hasil lapis permukaan aspal HRS WC 5 cm, lapis pondasi atas agregat kelas A 15 cm dan lapis pondasi bawah agregat kelas B 15 cm. Analisa biaya perkerasan lentur bisa dilihat pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19.

Tabel 4. 18 Analisa Biaya dengan Metode Analisa Komponen

	: Aspal HRS WC , t = 5 Cm
	: Base Course (Agg. Kelas A), t = 15 Cm
	: Sub Base Course (Agg. Kelas B), t = 19 Cm

Jenis Lapisan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal / Volume	Harga Satuan	Harga
HRS WC	9.000	2 x 2.75	5 cm	3.059.100,00 / ton	17.565.352.200,00
Prime Coat	9.000	2 x 2.75	1,10 lt/m ²	21.000,00 / liter	1.143.450.000,00
<i>Base Course</i> (Agg. Kelas A)	9.000	2 x 2.75	15 cm	1.580.500,00 / m ³	11.735.212.500,00
<i>Sub Base Course</i> (Agg. Kelas B)	9.000	2 x 2.75	19 cm	1.535.200,00 / m ³	14,438,556,000,00
TOTAL					44.882.570.700,00

Tabel 4. 19 Analisa Biaya dengan Metode *Software* Desain Perkerasan Jalan 2

	: Aspal HRS WC , t = 5 Cm
	: Base Course (Agg. Kelas A), t = 15 Cm
	: Sub Base Course (Agg. Kelas B), t = 15 Cm

Jenis Lapisan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal / Volume	Harga Satuan	Harga
HRS WC	9.000	2 x 2.75	5 cm	3.059.100,00 / ton	17.565.352.200,00
Prime Coat	9.000	2 x 2.75	1,10 lt/m ²	21.000,00 / liter	1.143.450.000,00
<i>Base Course</i> (Agg. Kelas A)	9.000	2 x 2.75	15 cm	1.580.500,00 / m ³	11.735.212.500,00
<i>Sub Base Course</i> (Agg. Kelas B)	9.000	2 x 2.75	15 cm	1.535.200,00 / m ³	11.398.860.000,00
TOTAL					41.842.874.700,00

Biaya dari semua segmen tidak dibandingkan karena pada segmen 2 (dua) dan segmen 3 (tiga) dengan konstruksi perkerasan dan ketebalan yang tentunya sama atau tidak ada perbedaan dari segi biaya konstruksi. Segmen 1 (satu) analisis dengan analisa komponen dan *software* desain perkerasan 2 menghasilkan perkerasan konstruksi dengan ketebalan yang berbeda sehingga dari segi biaya mempunyai perbedaan. Hasil perhitungan biaya sepanjang 9 (sembilan) kilometer pada analisa komponen dibutuhkan Rp 44.882.570.700,00 dan biaya dari perhitungan *software* desain perkerasan 2 sebesar Rp 41.842.874.700,00. Selisih biaya sebesar Rp 3.039.696.000,00 hanya pada segmen 1 dengan panjang segmen 9000 meter.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Analisis perkerasan lentur dengan menggunakan analisa komponen dan *software* desain perkerasan jalan 2 pada Ruas Jalan Iwur – Waropko, umur rencana selama 20 tahun, beban rencana 402.611 Esa (empat ratus dua ribu enam ratus sebelas) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Analisis perkerasan lentur dengan Analisa Komponen, menghasilkan perkerasan lentur pada *layer* pertama Lapis Permukaan (*Surface Course*) HRS *Wearing Course* = 5 cm, Lapis kedua Lapis Pondasi (*Base Course*) Agregat kelas A = 15 cm dan Lapis ketiga Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*) Agregat Kelas B = 19 cm.
2. Analisis perkerasan lentur dengan *Software* Desain Perkerasan 2 menghasilkan konstruksi jalan pada *layer* pertama Lapis Permukaan (*Surface Course*) HRS *Wearing Course* = 5 cm, Lapis kedua Lapis Pondasi (*Base Course*) Agregat Kelas A = 15 cm dan Lapis ketiga Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*) Agregat Kelas B = 15 cm.
3. Berdasarkan hasil analisa biaya perhitungan perkerasan lentur dengan Metode Analisa Komponen diperoleh sebesar 44.882.570.700,00 (Empat Puluh Empat Milliar Delapan Ratus Delapan Dua Juta Lima Ratus Tujuh Puluh Ribu Tujuh Ratus Rupiah). Hasil analisa biaya perhitungan perkerasan lentur dengan *Software* Desain Perkerasan Jalan 2 diperoleh 41.842.874.700,00 (Empat Puluh Satu Milliar Delapan Ratus Empat Puluh Dua Juta Delapan Ratus Tujuh Puluh Empat Ribu Tujuh Ratus Rupiah). Dari kedua metode menghasilkan perkerasan yang berbeda karena dikarenakan persamaan yang digunakan pada kedua metode berbeda. Metode Analisa Komponen mengadopsi perhitungan dari AASHTO (*Association of American State Highway and Transportation Officials*). Metode *Software* Desain Perkerasan 2 mengadopsi perhitungan Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017.

5.2. Saran

Saran dari penulis agar bisa lebih berkembang kedepannya mengenai analisis konstruksi jalan raya diantaranya :

1. Konstruksi perkerasan jalan bisa dihitung dengan berbagai macam metode untuk mendapatkan hasil yang bisa dipilih sesuai dengan ketersediaan material setempat.
2. Tahapan selanjutnya selain analisis jalan baru, jalan existing yang sudah teraspal memerlukan pelapisan ulang (*overlay*) maka perlu perhitungan teknis dengan berbagai macam metode.
3. Analisis yang sedang dibahas bisa diterapkan pada daerah yang mempunyai material batu pecah yang bisa digunakan untuk Aspal, Agregat Kelas A, Agregat Kelas B dan tentunya data serta koefisien yang diperlukan untuk perhitungan disesuaikan dengan lokasi setempat.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, M. (2022). Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga Dengan Metode Desain Perkerasan Jalan Mdpj 2017 (Studi Kasus: Jalan Kurai Mudiak Liki Suliki). *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2), 69–73. <https://jurnal.ensiklopediaku.org/ojs-2.4.8-3/index.php/erw/article/view/1127>
- Amaludin, A. H. (n.d.). *Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Antara Metode Aashto 1993 Dengan Metode Manual Desain Perkerasan 2017*.
- Arthono, A., & Permana, V. A. (2022a). 2022) *Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Analisa Komponen SNI* (Vol. 6, Issue 1).
- Arthono, A., & Permana, V. A. (2022b). Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Analisa Komponen SNI 1732-1989-F Ruas Jalan Raya Mulya Sari Kecamatan Pamanukan Sampai Kecamatan Binong Kabupaten Subang Propinsi Jawa Barat. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 6(1), 41–51. <https://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/komposit/article/view/6740/3377>
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *Bata beton (Paving block)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Bina Marga 2017. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan* (Kedua, Ed.). Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat - Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Darlan. (2014). *Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)*. Dpupr.Grobogan. <https://dpupr.grobogan.go.id/info/artikel/29-konstruksi-perkerasan-lentur-flexible-pavement>
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur*. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Fauzi, M., Rokhmawati, A., & Rahmawati, A. (2022). Studi Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Lentur Jalan Jalur Lintas Selatan Lot 6 Karanggongso–Nglarap

- (Sta 0+ 000–Sta 10+ 625) Kab. Trenggalek–Kab. Tulungagung. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal)*, 12(2), 66–77.
<http://jim.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/16450>
- Haryanto, I., & Utomo, H. budi. (2012). *Pengembangan Pembelajaran Berbasis Pengembangan Pembelajaran Berbasis Riset dan Education Education for Sustainable Develop untuk mata kuliah Perkerasan Jalan Raya dengan Memanfaatkan Hasil Riset Terapan Ecomaterial*. Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Gajah Mada.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Maryam, M., & Putra, K. H. (2020). Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga (Studi Kasus: Jalan Luar Lingkar Timur Surabaya). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 1(2), 125–134.
- MKJI, D. J. B. M. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesian (MKJI)*. Sweroad Bekerja Sama Dengan P.T Bina Karya (Persero).
- Nur, N. K., Mahyuddin, Bachtiar, E., Tumpu, M., Mukrim, M. I., Irianto, Kadir, Y., Arifin, T. S. P., Ahmad, S. N., Masdiana, Halim, H., & Syukuriah. (2020). *Perancangan Perkerasan Jalan* (Pertama, Ed.). Yayasan Kita Menulis.
- Permen PU no.19/PRT/M/2011. (2011). *Peraturan menteri pekerjaan umum nomor : 19/PRT/M/2011*.
- Permen PUPR No. 05 Tahun 2018. (2018). *Permen PUPR Nomor 05/PRT/M/2018 tentang Penetapan Kelas Jalan berdasarkan Fungsi dan Intensitas Lalu Lintas serta Daya Dukung menerima Muatan Sumbu Terberat dan Dimensi Kendaraan Bermotor*.
- PP No. 34 Tahun 2006. (2006). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006*.
- Saleh, A., Anggraini, M., & Hardianto, R. (2022). *Perkerasan Jalan Lentur (Teori dan Aplikasi)*. Media Sains Indonesia.
<https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=csyZEAAAQBAJ&oi=fnd&>

g=PA72&dq=buku+perkerasan+jalan+&ots=U2k901Lqz3&sig=o83B4c-r4twh4boiuH-kR7WNymE&redir_esc=y#v=onepage&q=buku%20perkerasan%20jalan&f=false

- Saputra, K. W. A., Rokhmawati, A., & Rahmawati, A. (2022). Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Jalur Lintas Selatan (Jls) Lot9 Kabupaten Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal)*, 12(1), 80–92.
- SE No. 12/SE/M/2013. (2013). *Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur* (Pusjatan, Ed.). Kementerian Pekerjaan Umum.
- SE No. 20/SE/Db/2021. (2021). *Pedoman Desain Geometrik Jalan*.
- Sukirman. (2010a). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. In *Institut Teknologi Nasional, Bandung* (Vol. 53, Issue 9).
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova.
- Sukirman, S. (2010b). Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya. In *Buku*.
- Syuhada, I. P., Yermadona, H., & Priana, S. E. (2022). Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Metode Komponen Bina Marga Dan MDPJ 2017. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(3), 29–34. <https://jurnal.ensiklopediaku.org/ojs-2.4.8-3/index.php/erw/article/view/1233>
- UU No. 2 Tahun 2022. (2022). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022*.
- Yauri, R., Sendow, T. K., & Jansen, F. (2016). Analisis Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2013. *Jurnal Sipil Statik*, 4(12).