

TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA KONSTRUKSI DAN BIAYA
SIKLUS HIDUP KONSTRUKSI PADA PEKERJAAN JALAN
ANTARA PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU
(STUDI KASUS PADA PENINGKATAN JALAN NGARAN-
TELUKAN KABUPATEN KLATEN)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Dua Teknik Sipil**



ANDRIE PRADIPTA

16914029

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

TESIS

ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA KONSTRUKSI DAN BIAYA SIKLUS HIDUP KONSTRUKSI PADA PEKERJAAN JALAN ANTARA PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU (STUDI KASUS PADA PENINGKATAN JALAN NGARAN- TELUKAN KABUPATEN KLATEN)



Dr. Ir. Lalu Makrup, M.T

Dosen Pembimbing I

Tanggal : 1 Maret 2021

Ir. Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II

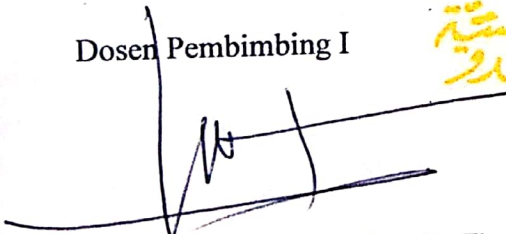
Tanggal : 1 Maret 2021

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA KONSTRUKSI DAN BIAYA SIKLUS HIDUP KONSTRUKSI PADA PEKERJAAN JALAN ANTARA PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU (STUDI KASUS PADA PENINGKATAN JALAN NGARAN- TELUKAN KABUPATEN KLATEN)

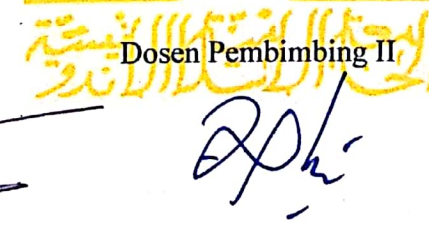


Dosen Pembimbing I



(Dr. Ir. Lalu Makrup, M.T)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D)

Dosen Penguji



(Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D)

Yogyakarta, _____

Universitas Islam Indonesia

Program Studi Teknik Sipil, Program Magister,

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Ketua Program,



Ir. Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan tesis yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Magister di Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia merupakan hasil dari karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu didalam penulisan tesis yang saya kutip hasil dari karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau terdapat adanya plagiasi didalam bagian bagian tertentu, dengan ini saya bersedia menerima sanksi yang akan diberikan dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta 1 Oktober 2020

Yang membuat pernyataan



Andrie Pradipta

(16914029)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah *Subhanallah wa ta'ala* yang senantiasa melimpahkan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis ini. Tidak lupa sholawat serta salam kepada Nabi Agung junjungan kita Rasulullah Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam* beserta keluarga. Sahabat serta pengikutnya sampai akhir jaman.

Tesis ini berjudul “ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA KONSTRUKSI DAN BIAYA SIKLUS HIDUP KONSTRUKSI PADA PEKERJAAN JALAN ANTARA PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU (STUDI KASUS PADA PENINGKATAN JALAN NGARAN-TELUKAN KABUPATEN KLATEN)” ini diajukan Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Magister Teknik Sipil.

Penulis menyadari bahwa pada penulisan tesis ini tidak terlepas kekurangan-kekurangan dan sumbangan pemikiran dari berbagai pihak yang sangat membantu, sehingga penulis dapat menyelesaikan semua kendala yang terjadi selama penyusunan serta prosesnya hingga terselesaikannya tesis ini. Untuk itu dengan segala hormat, penyusun mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, yaitu yang akan disebutkan dibawah ini:

1. Ibu Ir Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Program Magister, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan serta Dosen Pembimbing II tesis Ini,
2. Bapak Dr. Ir. Lalu Makrup, M.T selaku Dosen Pembimbing I Program Studi Teknik Sipil, Program Magister, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
3. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan serta Dosen Penguji tesis ini,

4. Staf Dosen dan Karyawan Program Studi Teknik Sipil, Program Magister, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
5. Ibu Rosnita ibunda tercinta atas semua yang telah diberikan, Alm. Azhari Anwar ayah tercinta yang telah berpulang ketika saya mengikuti Program Magister, Prawita Ardella kakak tersayang, M Reza Pramudya adik tersayang, Ratna Wulandari istri tercinta terima kasih atas suka duka selama ini, Rana Adiva Pradipta adinda tercinta, Bapak Edi Dwiyanto dan Ibu Suratmi, bapak ibu mertua tercinta, saudara-saudara yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan, didikan, kasih sayang baik moral maupun material didalam penulisan tesis ini,
6. Saudara-saudara dan teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyusunan tesis ini,

Akhirnya Penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya. Amin

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Yogyakarta, Oktober 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BERLAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.4 BATASAN PENELITIAN	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 PENELITIAN SEBELUMNYA.....	5
2.2 PERBANDINGAN PENELITIAN	8
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 PERKERASAN JALAN.....	11
3.2 JENIS – JENIS PERKERASAN JALAN	12
3.3 PERBANDINGAN PERKERASAN KAKU DAN LENTUR.....	13
3.4 PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR	15
3.4.1 Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan	16
3.4.2 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan	17
3.4.3 Lalu Lintas Harian Rata - rata dan Lintas Ekuivalen	18

3.4.4	Daya Dukung Tanah (DDT) dan CBR	19
3.4.5	Faktor Regional (FR).....	21
3.4.6	Indeks Permukaan (IP)	21
3.4.7	Koefisien Kekuatan Relatif	23
3.4.8	Batas - Batas Minimum Tebal Lapisan Perkuatan	24
3.4.9	Indeks Tebal Perkerasan (ITP)	25
3.5	PENINGKATAN JALAN DENGAN METODE KONSTRUKSI BERTAHAP	26
3.6	<i>OVERLAY</i>	26
3.7	PERENCANAAN PERKERASAN KAKU	27
3.7.1	Tanah Dasar dan Pondasi Bawah	27
3.7.2	Beton Semen	29
3.7.3	Lalu Lintas	29
3.7.4	Bahu	33
3.7.5	Sambungan	34
3.7.6	Prosedur Desain Perkerasan	35
3.8	ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN (AHSP)	37
3.9	BIAYA SIKLUS HIDUP (Life Cycle Cost Analysis)	38
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN	41
4.1	JENIS PENELITIAN.....	41
4.2	OBJEK PENELITIAN.....	41
4.3	PENGUMPULAN DATA	42
4.4	PENGOLAHAN DATA	42
4.5	BAGAN ALIR PENELITIAN.....	42
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	45
5.1	DATA PENELITIAN	45
5.2	PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR.....	46
5.2.1	Data Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur	46
5.2.2	CBR dan Daya Dukung Tanah (DDT)	47
5.2.3	Perhitungan Lalu Lintas Utama.....	47

5.2.4 Faktor Regional	49
5.2.5 Indeks Permukaan	50
5.2.6 Koefisien Kekuatan Relatif	50
5.2.7 Indeks Tebal Perkerasan	51
5.3 PERENCANAAN PERKERASAN KAKU	52
5.3.1 Pemilihan Rencana Tebal Perkerasan Kaku	52
5.3.2 Perhitungan Sumbu Kendaraan Niaga.....	53
5.3.3 Perhitungan Repitisi Sumbu yang Terjadi.....	57
5.3.4 Penentuan Jenis dan Tebal Perkerasan	57
5.3.5 Penentuan CBR Tanah Efektif	58
5.3.6 Penentuan Tebal Tafsiran Perkerasan Kaku	59
5.3.7 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton	60
5.3.8 Perhitungan Beban Rencana per Roda	61
5.3.9 Perhitungan Kerusakan Akibat Fatik Pada Pelat Beton	61
5.3.10 Perhitungan Kerusakan Akibat Erosi Pada Pondasi Bawah	64
5.3.11 Perhitungan Kebutuhan Batang Pengikat dan Ruji/Dowel..	72
5.4 ANALISA BIAYA	73
5.4.1 Biaya Tenaga, Bahan dan Sewa Alat.....	73
5.4.2 Biaya Langsung (<i>initial cost</i>) Perkerasan Lentur	73
5.4.3 Biaya Langsung (<i>initial cost</i>) Perkerasan Kaku	77
5.4.4 Biaya Langsung (<i>initial cost</i>) Perkerasan Lentur lebar 4,6 meter dengan pelebaran menggunakan Perkerasan Kaku lebar 1,4 meter	80
5.4.4 Biaya Siklus Hidup (<i>Life Cycle Cost</i>).....	83
5.5 PEMBAHASAN	96
5.5.1 Perencanaan Tebal Perkerasan	96
5.5.2 Biaya Konstruksi dan Biaya Siklus Hidup	96
 BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	 100
6.1 SIMPULAN	100
6.2 SARAN	101



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Ruas Jalan Ngaran – Telukan	2
Gambar 3.1 Struktur Lapis Perkerasan Lentur.....	12
Gambar 3.2 Struktur Lapis Perkerasan Kaku.....	13
Gambar 3.3 Korelasi DDT dan CBR	20
Gambar 3.4 CBR Tanah Efektif dan Tebal Pondasi Beton.....	28
Gambar 3.5 CBR Penentuan Tebal Pondasi	29
Gambar 3.6 Taksiran Tebal Perkerasan Menggunakan Hubungan Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga CBR Tanah Efektif	36
Gambar 3.7 Proyeksi Jadwal Rehabilitas dan Perawatan.....	39
Gambar 3.8 Konsep Rehabilitasi untuk Siklus Hidup.....	39
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian.....	43
Gambar 5.1 Typical Potongan Melintang.....	45
Gambar 5.2 Korelasi CBR dan DDT Desain	47
Gambar 5.3 Nomogram Penentuan ITP.....	51
Gambar 5.4 Struktur Tebal Perkerasan.....	52
Gambar 5.5 Beton Bersambung Tanpa Tulangan.....	53
Gambar 5.6 Penentuan Jenis dan Tebal Pondasi Minimum Desain	58
Gambar 5.7 Penentuan CBR Tanah Efektif Desain	59
Gambar 5.8 Penentuan Tebal Taksiran Perkerasan Desain.....	60
Gambar 5.9 Nomogram Analisis Fatik dan Beban Repitisi Kelompok STRT dan STRG	63
Gambar 5.10 Nomogram Analisis Erosi dan Jumlah Repitisi Beban Ijin STRT dan STRG.....	65
Gambar 5.11 Diagram Biaya Konstruksi Perkerasan.....	97
Gambar 5.12 Diagram Biaya Siklus Hidup Perkerasan	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti terdahulu dengan Penelitian yang dilakukan	8
Tabel 3.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku	13
Tabel 3.2 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan	16
Tabel 3.3 Koefisien Distribusi Kendaraan (C).....	16
Tabel 3.4 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan	17
Tabel 3.5 Faktor Regional (FR).....	21
Tabel 3.6 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)	22
Tabel 3.7 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo).....	22
Tabel 3.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)	24
Tabel 3.9 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan (Lapis Permukaan)	24
Tabel 3.10 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan (Lapis Pondasi).....	24
Tabel 3.11 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan Lalu Lintas Rendah.....	30
Tabel 3.12 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Jalur Rencana.....	31
Tabel 3.13 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)	31
Tabel 3.14 Faktor Pertumbuhan Lalu – Lintas (R)	32
Tabel 3.15 Faktor Keamanan Beban (F_{kb})	33
Tabel 3.16 Diameter Ruji yang Diisyaratkan.....	35
Tabel 5.1 Data lalu lintas harian rata-rata tahunan ruas Ngaran - Telukan.....	46
Tabel 5.2 Data Desain Perencanaan Perkerasan Lentur	46
Tabel 5.3 Perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA).....	49
Tabel 5.4 Penentuan Koefisien Kekuatan Relatif (a) dan DDT	50
Tabel 5.5 Distribusi Kelompok Kendaraan Niaga	54
Tabel 5.6 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu - Lintas (i) (%).....	55
Tabel 5.7 Penentuan Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)	55
Tabel 5.8 Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas Kumulatif.....	56
Tabel 5.9 Koefisien Distribusi Kendaraan Yang Digunakan	56
Tabel 5.10 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN).....	56

Tabel 5.11 Perhitungan Jumlah Repitisi Sumbu Yang Terjadi	57
Tabel 5.12 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton.....	61
Tabel 5.13 Perhitungan Beban Rencana per Roda Yang Digunakan	61
Tabel 5.14 Perhitungan Interpolasi Tegangan Ekvivalen.....	62
Tabel 5.15 Perhitungan Faktor Ratio Tegangan	62
Tabel 5.16 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik	63
Tabel 5.17 Perhitungan Interpolasi Faktor Erosi.....	64
Tabel 5.18 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi	65
Tabel 5.19 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 230 mm)	66
Tabel 5.20 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 230 mm)	66
Tabel 5.21 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 240 mm)	67
Tabel 5.22 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 240 mm)	67
Tabel 5.23 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 250 mm)	68
Tabel 5.24 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 250 mm)	68
Tabel 5.25 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 260 mm)	69
Tabel 5.26 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 260 mm)	69
Tabel 5.27 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 270 mm)	70
Tabel 5.28 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 270 mm)	70
Tabel 5.29 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 280 mm)	71
Tabel 5.30 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 280 mm)	71
Tabel 5.31 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 290 mm)	72
Tabel 5.32 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 290 mm)	72
Tabel 5.33 Perhitungan Panjang Batang Pengikat	73
Tabel 5.34 Perhitungan Panjang Batang Pengikat	74
Tabel 5.35 Analisa 1 ton Harga Satuan Pekerjaan Laston Lapis Aus (AC-WC).....	74
Tabel 5.36 Volume Pekerjaan Perkerasan Lentur	75
Tabel 5.37 Perhitungan Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur.....	76
Tabel 5.38 Rekapitulasi Biaya Perkerasan Lentur	77
Tabel 5.39 Hasil Perencanaan Perkerasan Kaku.....	77
Tabel 5.40 Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku (struktur perkerasan)	78
Tabel 5.41 Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku (batang pengikat)	78
Tabel 5.42 Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku (ruji/dowel)	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Nilai Tegangan Ekvivalen dan Faktor Erosi Tanpa Bahu Beton.....	103
Lampiran 2. Lanjutan Tabel Nilai Tegangan Ekvivalen dan Faktor Erosi tanpa bahu beton	104
Lampiran 3. Nomogram Analisa Fatik dan Beban Repitisi Ijin Tanpa Bahu Beton.....	105
Lampiran 4. Nomogram Analisa Erosi dan Beban Repitisi Ijin.....	106
Lampiran 5. Data Tingkat Inflasi.....	107
Lampiran 6. Data Harga Satuan Upah Tahun 2017	108
Lampiran 7. Data Harga Satuan Harga Tahun 2017	109
Lampiran 8. Data Harga Satuan Alat Tahun 2017	113
Lampiran 9. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 1	115
Lampiran 10. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 3	116
Lampiran 11. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 5	118
Lampiran 12. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 6	119
Lampiran 13. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 7	121
Lampiran 14. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 8	123

BAB I

PENDAHULUAN

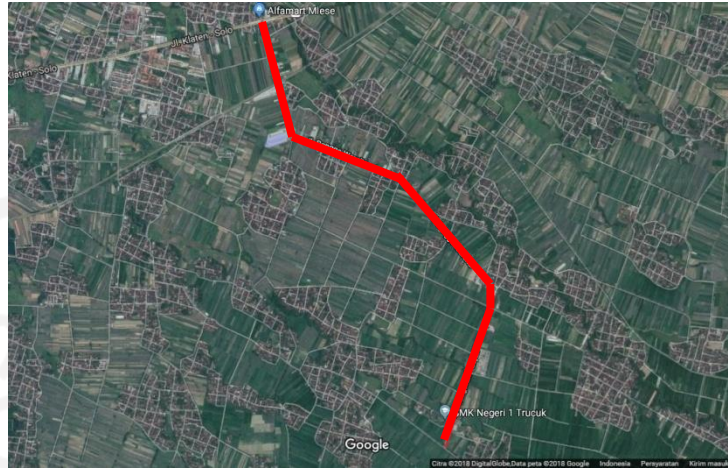
1.1 LATAR BELAKANG

Pembangunan jalan akan berpengaruh pada kemajuan peradaban dari sebuah wilayah. Terlihat bahwa jalan telah ada dari dahulu kala, walaupun masih belum seperti jalan yang terlihat pada sekarang ini. Pada dasarnya, pembangunan jalan adalah proses pembukaan ruang lalu lintas yang mendapatkan permasalahan dari geografi, mulai dari gunung, bukit-bukit, kondisi tanah dan bahkan sungai-sungai yang ada. Oleh karenanya pembangunan jalan diatur sedemikian rupa agar tetap memperhatikan lingkungan. Jalan sebagai prasarana transportasi memiliki kebutuhan yang sangat penting dan strategis dalam rangka mendukung terciptanya aksesibilitas arus berpindah tempatnya manusia, barang dan jasa diseluruh wilayah yang akan dicapai. Hal ini akan dapat meningkatkan kegiatan ekonomi disuatu tempat.

Merujuk pada klasifikasi jalan Kabupaten, kelas III A dan III B dengan tipe permukaan aspal, lebar jalan yang di isyaratkan yaitu 5 meter. Untuk menaikkan kegiatan aksesibilitas tersebut, beberapa kabupaten telah gencar dalam melakukan peningkatan jalan dengan melakukan pelebaran jalan. Pemilihan material yang tepat dalam melakukan peningkatan jalan pun perlu diperhitungkan sampai pengelolaan jalan, apabila pengelolaan pemeliharaan jalan dilakukan dengan benar dan tepat, akan berimbas memperpanjang umur rencana pelayanan (*life time service*). Adapun lingkup dalam manajemen pemeliharaan tersebut menyangkut penyediaan mutu pelayanan, sumber daya baik sumber daya manusia, bahan atau material, peralatan, metode atau prosedur, waktu dan budget yang akan dikeluarkan.

Kabupaten Klaten merupakan salah satu Kabupaten yang terletak di Provinsi Jawa Tengah dengan luas wilayah mencapai 655,56 km². Moda transportasi di Kabupaten Klaten menggunakan transportasi darat menjadi pilihan utama dalam aktivitas masyarakat. Maka itu, untuk meningkatkan kegiatan sektoral dan antar zona dalam perekonomian, jaringan jalan akan memegang

peranan yang sangat penting untuk mendukung pengembangan dan pemerataan yang seimbang dari hasil pembangunan.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Ruas Jalan Ngaran – Telukan

Kondisi eksisting salah satu ruas di Kabupaten Klaten yaitu pada ruas Ngaran – Telukan, diketahui konstruksi atas menggunakan AC-WC dengan lebar jalan 4,6 meter, dan untuk memenuhi klasifikasi jalan kabupaten kemudian dilakukan peningkatan pelebaran jalan menjadi 6 meter sepanjang 4.15 km. Diharapkan agar didapatkan masa umur jalan yang optimal, maka diperlukan adanya suatu pengkajian sedemikian rupa terhadap jenis perkerasan apa yang digunakan untuk pembangunan konstruksi jalan tersebut agar dapat menekan biaya konstruksi dan siklus hidup yang nanti akan dilaksanakan.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis perbandingan biaya siklus hidup konstruksi studi kasus ruas jalan Ngaran-Telukan pada pekerjaan peningkatan pelebaran jalan, dengan sebelumnya merencanakan perkerasan terlebih dahulu menggunakan perkerasan lentur keseluruhan, perkerasan kaku keseluruhan, atau perpaduan antara perkerasan lentur dan pelebaran menggunakan perkerasan kaku.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian pada latar belakang, penelitian ini akan mengkaji hal-hal berikut:

1. Bagaimana merencanakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada ruas jalan Ngaran – Telukan?
2. Bagaimana perbandingan biaya konstruksi (*initial cost*) dan siklus hidup (*life cycle cost*) peningkatan pelebaran jalan antara penggunaan perkerasan lentur keseluruhan, perkerasan kaku keseluruhan dan perpaduan antara perkerasan lentur dan pelebaran menggunakan perkerasan kaku pada ruas jalan Ngaran - Telukan?
3. Bagaimana usulan lapisan perkerasan yang digunakan ditinjau dari segi biaya konstruksi (*initial cost*) dan biaya siklus hidup (*life cycle cost*) pada ruas jalan Ngaran-Telukun Kabupaten Klaten?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian dari rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut.

1. Merencanakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada ruas jalan Ngaran – Telukan.
2. Menentukan perbandingan biaya konstruksi (*initial cost*) dan siklus hidup (*life cycle cost*) peningkatan pelebaran jalan antara penggunaan perkerasan lentur keseluruhan, perkerasan kaku keseluruhan dan perpaduan antara perkerasan lentur dan pelebaran menggunakan perkerasan kaku pada ruas jalan Ngaran – Telukan.
3. Memberikan usulan alternatif lapisan perkerasan yang digunakan ditinjau dari segi biaya konstruksi (*initial cost*) dan biaya siklus hidup (*life cycle cost*) pada ruas jalan Ngaran-Telukun Kabupaten Klaten.

1.4 BATASAN PENELITIAN

Cakupan dalam penelitian ini dibatasi oleh hal-hal berikut:

1. Lebar jalan eksisting 4,6 meter menggunakan perkerasan lentur, dilakukan peningkatan pelebaran menggunakan perkerasan kaku menjadi 6 meter.
2. Umur rencana pelayanan desain 40 tahun untuk perkerasan kaku dan 20 tahun untuk perkerasan lentur.
3. Awal perencanaan pada tahun 2017.

4. Panjang ruas jalan STA. 0+000 – STA. 4+150 dimulai dari pertigaan simpang Ngaran – pertigaan simpang Trucuk.
5. Perencanaan dan perhitungan dengan kondisi:
 - a. Keseluruhan jalan perkerasan lentur
 - b. Keseluruhan jalan perkerasan kaku beton bersambungan tanpa tulangan dan,
 - c. Perpaduan jalan dengan perkerasan lentur lebar 4,6 meter dan pelebaran menggunakan perkerasan kaku lebar 1,4 meter.
6. Perencanaan desain perkerasan lentur menggunakan Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen Departemen Pekerjaan Umum SKBI 1987.
7. Perencanaan desain perkerasan kaku menggunakan Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd-T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
8. Menggunakan AHS Kabupaten Klaten tahun 2017.
9. Desain masing masing perkerasan hanya meninjau dari sisi perkerasannya saja tanpa drainase dan bahu jalan.
10. Penelitian ini hanya melakukan perhitungan biaya siklus hidup 40 tahun pada masing- masing perkerasan tanpa analisis manfaat- biaya.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat hasil dari penelitian:

1. Pengetahuan teori ataupun konsep dari jenis material dari perkerasan jalan, biaya konstruksi (*initial cost*) dan biaya siklus hidup (*life cycle cost*).
2. Kalangan akademik dan dunia ilmu pengetahuan, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan, khasanah ilmu pengetahuan dan kekayaan penelitian ilmiah pada metode dan pelaksanaan perkerasan jalan baik dari pemilihan desain perencanaan maupun, pelaksanaan sampai pada biaya siklus hidup perkerasan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENELITIAN SEBELUMNYA

Terdapat beberapa penelitian-penelitian yang terkait dengan penelitian ini dan digunakan sebagai tinjauan pustaka. Adapun hasil penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Waluyo, Nuswantoro, & Lendra (2008), dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur”. Perencanaan perkerasan menggunakan analisis komponen dari Metode Bina Marga untuk lapis pondasi agregat dan metode yang dikembangkan oleh NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*) untuk pondasi beton. Data yang diperlukan adalah rincian volume pekerjaan, daftar harga satuan, analisa harga satuan, analisa alat berat dan gambar pekerjaan. Dari hasil analisis biaya menunjukkan bahwa perkerasan kaku membutuhkan biaya sebesar Rp.5.310.421.058 dan perkerasan lentur membutuhkan biaya sebesar Rp.4.028.077.446 dengan persentase penghematan biaya sebesar 24,15 % terhadap biaya perkerasan kaku.
2. Kartadipura (2011), judul pada penelitian ini yaitu “Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode *Annual Worth*”. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis biaya menggunakan analisa deret seragam/*annual worth*, adalah semua aliran kas yang terjadi selama horizon perencanaan dikonversikan kedalam deret seragam dengan tingkat bunga sebesar MAAR. Hasil yang didapat adalah perkerasan Kaku lebih ekonomis bila dibandingkan dengan Perkerasan Lentur. Pada perkerasan kaku didapatkan biaya sebesar Rp.142.232,-/m², sedangkan pada perkerasan lentur didapat biaya yang lebih besar yaitu Rp.184.471,-/ m². Perkerasan kaku lebih ekonomis karena mempunyai ongkos yang lebih kecil.
3. Nurahmi & Kartika (2012), penelitian yang dilakukan yaitu “Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung”. Metode Tujuan Tugas

Akhir ini adalah menghitung tebal perkerasan lentur dan kaku, perhitungan total biaya konstruksi dan pemeliharaan perkerasan lentur dan kaku, mencari *user cost* dengan menggunakan metode *N.D. Lea*, dan membandingkan kedua perkerasan secara ekonomi dengan perhitungan *Benefit Cost Ratio*. Dari hasil perhitungan untuk konstruksi perkerasan lentur, didapatkan tebal *Surface Course* (Laston) = 13 cm, *Base Course* (Batu Pecah Kelas A) = 20 cm, *Sub Base Course* (Sirtu Kelas B) = 31 cm. Untuk perkerasan kaku digunakan tebal *Surface Course* (pelat beton) = 28 cm, *Sub Base Course* (Sirtu Kelas A) = 20 cm. Dari hasil analisis dan evaluasi ekonomi diperoleh hasil $B/C_{0-A} = -235,9$ Alternatif $B/C_{0-B} = 206$ dan Alternatif $B/C_{0-c} = 18.04$. Dengan demikian, dipilih Alternatif B atau perkerasan kaku untuk Jalan Lingkar Mojoagung dengan alasan lebih menguntungkan dari segi ekonomi jalan raya.

4. Farid (2013), dengan penelitian “Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton dan Jalan Aspal dengan Metode Bina Marga dan *AASHTO* 1993 Selama Umur Rencana 20 Tahun (Studi Kasus Pada Proyek Jalan Tol Mojokerto Kertosono STA. 0+000 – STA 5+000)”. Data yang digunakan adalah rincian volume pekerjaan, daftar harga satuan, analisa harga satuan, analisa alat berat dan gambar pekerjaan, dari hasil analisis tebal perkerasan baik perkerasan lentur dengan menggunakan metode Bina Marga dan perkerasan kaku dengan menggunakan metode *AASHTO* 1993 menghasilkan tebal perkerasan untuk Perkerasan Lentur (ATB) LPA tebal 20 cm dan *Asphalt Concrete* tebal 5 cm, sedangkan untuk perkerasan kaku LPB tebal 30 cm, beton Bo 10 cm dan perkerasan beton kaku tebal 20 cm, biaya untuk perkerasan lentur membutuhkan biaya sebesar Rp.78.739.070.829,65 dan Pakerasan Kaku membutuhkan biaya sebesar Rp.73.489.752.324,39 dengan penghematan biaya sebesar Rp. 5.249.318.505,26 terhadap biaya perkerasan lentur yang ditinjau dengan umur rencana 20 tahun.
5. Rachmawati (2014), dengan penelitian “Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur”. Hasil kajian ini dikembangkan untuk mendapatkan jenis perkerasan yang terbaik berdasarkan biaya siklus hidup analisis dan beban lalu lintas. Pada penelitian ini dibuat 3 jenis alternatif skenario perkerasan yaitu: perkerasan kaku dengan umur

rencana 25 tahun, perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun, dan perkerasan lentur dengan umur rencana 10 tahun. Pada setiap jenis perkerasan tersebut dibuat skenario penanganan sedemikian hingga perkerasan tersebut tetap mampu melayani kebutuhan lalu lintas selama 25 tahun masa analisis, dengan indikator nilai *International Roughness Index (IRI)* yang diprediksi melalui persamaan empiris. Dari hasil analisis *user cost* didapatkan biaya terendah dari pengguna jalan diperoleh pada perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun, sedangkan dari analisis *deterministik* oleh *software Real cost* didapatkan biaya terendah *agency cost* terdapat pada perkerasan lentur dengan umur rencana 10 tahun. Karena terdapat perbedaan antara hasil *agency cost* dan *user cost*, maka untuk pengambilan keputusan dilakukan pendekatan *total cost* (penjumlahan *user cost* dan *agency cost*), sehingga diperoleh hasil bahwa perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun mempunyai *total cost* terendah. Dari penelitian ini juga diketahui bahwa meskipun perkerasan kaku mempunyai jumlah penanganan yang lebih sedikit dibanding perkerasan lentur dengan umur rencana yang sama, namun perkerasan kaku tetap lebih mahal dari sisi biaya karena biaya pembangunan serta penanganan perkerasan kaku lebih mahal dibanding perkerasan lentur.

6. Febria, Trikomara & Taufik (2016), penelitian ini berjudul “*Study of Efficiency Level Road Rigid Pavement dan Flexibel Pavement*”. Hasil analisis tebal perkerasan kaku menggunakan PdT-14-2013 metode Bina Marga menghasilkan tebal perkerasan beton 0,27 m, lapisan pondasi beton 0,1 m, penulangan dowel Ø 33 mm polos dan tulangan *tie bar* D16 mm ulir dan perkerasan lentur menggunakan PtT-01-2002-B menghasilkan tebal perkerasan laston (*AC-WC*) 0,042 m, laston (*AC-BC*) 0,06 m, lapisan pondasi agregat kelas A 0,25 m, lapisan pondasi agregat kelas B 0,5 m. Biaya konstruksi fisik perkerasan kaku dengan panjang 2 km menghabiskan biaya sebesar Rp.17.232.129.032,15 sedangkan untuk konstruksi perkerasan lentur dengan panjang 2 km menghabiskan biaya sebesar Rp.13.780.354.350,72. Untuk umur rencana 20 tahun dengan pemeliharaan rutin tiap tahunnya, rencana biaya konstruksi perkerasan kaku sebesar Rp.44.033.259.315,85 dan biaya pemeliharaan konstruksi perkerasan lentur sebesar Rp.56.809.22.912,16. Dari hasil

perbandingan pemeliharaan selama 20 tahun dapat disimpulkan bahwa biaya pemeliharaan perkerasan kaku lebih murah 22,49% dari biaya konstruksi perkerasan lentur dengan selisih harga sebesar Rp.6.387.982.798,15 per kilometer.

2.2 PERBANDINGAN PENELITIAN

Perbandingan dari penelitian-penelitian terdahulu dengan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut:

Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti terdahulu dengan Penelitian yang dilakukan

Peneliti	Judul	Lokasi	Metode
Waluyo, Nuswantoro, & Lendra (2008),	Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Studi Kasus ruas Jalan Adonis Samad, Kalimantan Tengah	Metode Bina Marga Analisis Komponen SKBI 1987, NAASRA (<i>National Association of Australian State Road Authorities</i>)
Kartadipura (2011)	Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode <i>Annual Worth</i>	Studi Kasus Pembangunan Jalan Tanjung – Mabu'un Batu Babi, Tanjung, Kalimantan Selatan.	Metode <i>Annual Worth</i>
Nurahmi & Kartika (2012)	Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung	Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung	Metode <i>N.D. Lea, Benefit Cost Ratio</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti terdahulu dengan Penelitian yang dilakukan

Peneliti	Judul	Lokasi	Metode
Farid (2013)	Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton dan Jalan Aspal dengan Metode Bina Marga dan <i>AASHTO</i> 1993 Selama Umur Rencana 20 Tahun (Studi Kasus Pada Proyek Jalan Tol Mojokerto Kertosono STA. 0+000 – STA 5+000)	Mojokerto - Kertosono	Metode Bina Marga dan <i>AASHTO</i> 1993
Rachmawati (2014)	Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Studi Kasus Proyek Pakkae - Batas Kota Pangkep, Prov Sulawesi Selatan	<i>International Roughness Index (IRI)</i> , <i>software Real cost</i>
Febria, Trikomara & Taufik (2016)	<i>Study of Efficiency Level Road Rigid Pavement dan Flexibel Pavement</i>	Studi Kasus Proyek Jalan Lintas Timur Km. 25 Simpang Beringin Maredan Kabupaten Siak, Riau	metode Bina Marga PdT-14-2013 (perkerasan lentur), PtT-01-2002-B (perkerasan Kaku)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti terdahulu dengan Penelitian yang dilakukan

Peneliti	Judul	Lokasi	Metode
Andrie Pradipta (2020)	Analisis Perbandingan Biaya Konstruksi dan Biaya Siklus Hidup Konstruksi Pada Pekerjaan Jalan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	Studi Kasus Jalan Ngaran-Telukun Kabupaten Klaten	Metode Bina Marga Analisis Komponen SKBI 1987 (perkerasan lentur), PdT-14-2003 (perkerasan kaku), <i>Life Cycle Cost Analysis (future worth)</i>

Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di atas, ada beberapa keterkaitan yang menjadi tinjauan dalam melakukan penelitian ini. Beberapa fokus penelitian mengangkat permasalahan studi ataupun kajian perbandingan biaya konstruksi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur seperti penelitian yang diteliti oleh Waluyo, Nuswantoro, & Lendra (2008). Kartatipura (2011) juga melakukan penelitian yang sama dengan perbedaan metode dalam mendapatkan jawaban dari rumusan masalah penelitiannya. Berbeda dengan Nurahmi & Kartika (2012), melakukan penelitian Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya. Berbeda pula dengan Rachmawati (2014), melakukan Penelitian Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur. Sedangkan Febria, Trikomara & Taufik (2016), melakukan penelitian *Study of Efficiency Level Road Rigid Pavement dan Flexibel Pavement*.

Semua dari penelitian di atas terdapat perbedaan metode dan lokasi pada setiap penelitian. Perbedaan ini bisa jadi dari pemikiran penulis tentang kerangka yang di lakukannya, faktor faktor lain yang mempengaruhi dalam penelitian tersebut ataupun dalam upaya mencari suatu pembenaran didalam penelitian tersebut.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 PERKERASAN JALAN

Jalan menurut definisi PP Nomor 34 tahun 2006 adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang ada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Jalan raya umumnya dilakukan di permukaan tanah, walaupun dapat memungkinkan akan berada di bawah atau di atas permukaan tanah. Tanah tidak memiliki kemampuan untuk menahan beban lalu lintas tanpa adanya suatu struktur atau lapis perkerasan. Menurut Pedoman desain jalan lentur No.002/P/BM/2011, umumnya konstruksi perkerasan terdiri dari empat lapisan sebagai berikut:

1. Lapis tanah dasar (*Sub grade*) adalah permukaan tanah semula atau galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakkan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.
2. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*) adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Berfungsi sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda, Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan- lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi), Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi dan Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.
3. Lapis pondasi atas (*Base course*) adalah bagian perkerasan yang yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (atau dan bagian tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda dan Sebagai perletakkan terhadap lapis

permukaan. Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda.

4. Lapis permukaan (*Surface*) adalah bagian lapis yang paling atas. Berfungsi Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda, Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca dan Sebagai lapisan aus (*wearing course*). Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

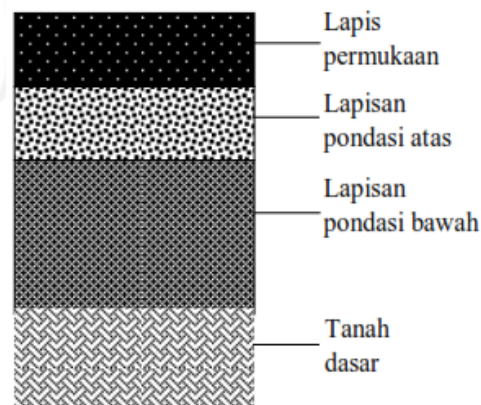
Struktur perkerasan diatas menurut Pedoman desain jalan lentur No.002/P/BM/2011 adalah struktur jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang terletak diatas tanah dasar.

3.2 JENIS – JENIS PERKERASAN JALAN

Menurut Hardiatmo (2007), yang dikutip Kartadipura (2011) umumnya perkerasan dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu:

1. Perkerasan lentur (*Flexible pavement*)

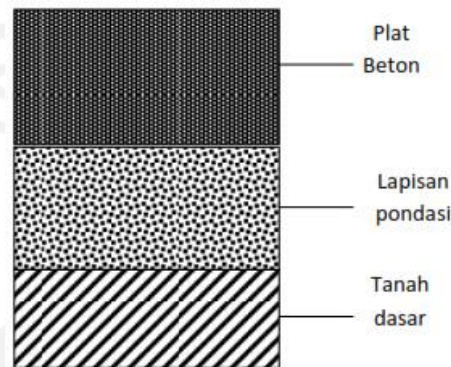
Menurut Pedoman desain jalan lentur No.002/P/BM/2011 perkerasan lentur adalah struktur perkerasan jalan yang dibuat dengan menggunakan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan bahan pengikat aspal. Lapis-lapis tersebut membentuk suatu struktur yang dapat menahan atau memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya sampai tanah dasar. Berikut adalah gambar lapis struktur perkerasan lentur:



Gambar 3.1 Struktur lapis perkerasan lentur

2. Perkerasan kaku (*Rigid pavement*)

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat sehingga tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi dibandingkan perkerasan lentur. Lapis perkerasan kaku berfungsi sebagai lapis pondasi (*base course*) dan lapis permukaan (*surface*). Berikut adalah lapis struktur perkerasan kaku.



Gambar 3.2 Struktur lapis perkerasan kaku

3. Perkerasan komposit (kombinasi dari dua perkerasan)

Perkerasan komposit merupakan gabungan perkerasan kaku dan lapis perkerasan lentur di atasnya. Kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban di atasnya.

3.3 PERBANDINGAN PERKERASAN KAKU DAN PERKERASAN LENTUR

Setiap perencana akan memberikan alternatif pemilihan perkerasan yang tepat pada ruas jalan, karena setiap perkerasan baik perkerasan lentur maupun perkerasan kaku memiliki beberapa keuntungan dan kerugian masing-masing. Berikut adalah tabel perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Tabel 3.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1. Perencanaan sederhana dan dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu-lintas dan semua jenis jalan berdasarkan klasifikasi fungsi jalan raya	1. Desain sederhana namun pada bagian sambungan perlu perhitungan lebih teliti. Kebanyakan digunakan hanya pada jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi.

Lanjutan Tabel 3.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
2. Kondisi kualitas untuk job mix agak rumit karena harus teliti baik dilaboratorium sebelum dihampar maupun setelah dihampar dilapangan.	2. Rancangan job mix lebih mudah untuk dikendalikan kualitasnya. Elastisitas antara lapis permukaan dan pondasi sangat berbeda.
3. Rongga udara dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume campuran aspal, oleh karena itu tidak diperlukan sambungan. Sulit untuk bertahan dalam kondisi drainase yang buruk.	3. Rongga udara didalam beton tidak dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume beton. Pada umumnya diperlukan sambungan untuk mengurangi tegangan akibat perubahan temperature. Dapat bertahan untuk kondisi yang lebih buruk.
4. Umur rencana relatif pendek 5-10 tahun. Kerusakan tidak merambat kebagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air.	4. Umur rencana dapat mencapai 15-40 tahun. Jika terjadi kerusakan, maka kerusakan tersebut cepat dalam waktu singkat akan meluas.
5. Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring berjalannya waktu dan frekuensi beban lalu lintas.	5. Indeks pelayanan hampir tetap baik selama umur rencana, terutama jika saluran melintang (<i>transversal joint</i>) dikerjakan dan dipelihara dengan baik.
6. Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah. Tetapi biaya awal hampir sama untuk konstruksi jalan berkualitas tinggi dengan volume lalu-lintas tinggi.	6. Pada umumnya biaya konstruksi tinggi.
7. Pelaksanaan cukup rumit disebabkan kendali kualitas harus diperhatikan pada sejumlah parameter termasuk kendali terhadap temperature.	7. Pelaksanaan relatif sederhana kecuali pada sambungan-sambungan.
8. Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan mencapai lebih kurang dua kali lebih besar daripada perkerasan kaku.	8. Sangat penting untuk melaksanakan pemeliharaan terhadap sambungan-sambungan rutin.

Lanjutan Tabel 3.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
9. Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkar ketebalan perkerasan yang diperlukan lebih mudah menentukan perkiraan saat pelapisan ulang harus dilakukan.	9. Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat melakukan pelapisan ulang. Apabila lapisan permukaan akan dilapis ulang, maka untuk mencegah terjadinya retak, refleksi biasanya dibuat tebal perkerasan > 10 cm.
10. Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh kemampuan penyebaran tegangan setiap lapisan dan ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan kekuatan tanah dasar yang dipadatkan.	10. Kekuatan konstruksi perkerasan kaku ditentukan oleh kekuatan lapisan beton sendiri (tanah dasar tidak terlalu menentukan)
11. Yang dimaksud dengan tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada diatas tanah.	11. yang dimaksud tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal lapisan beton tidak termasuk pondasi.

Sumber: Spesifikasi jalan, (2008) kutipan Kartadipura, (2013)

Pemilihan jenis perkerasan jalan akan melibatkan banyak komponen yang dipertimbangkan, baik segi volume lalu-lintas, teknis pelaksanaan, konsidi lapangan, biaya initial, sampai biaya siklus hidup dan aspek-aspek lainnya yang mempengaruhi pemilihan atas dasar pemilihan perkerasan yang tepat.

3.4 PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR

Menurut Petunjuk Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26.1987 yang telah diperbaharui menjadi SNI No. 1732-1989-F yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum merupakan suatu Metode Analisis Komponen pada perencanaan perkerasan lentur. Metode ini merupakan modifikasi metode *AASHTO* yang telah disesuaikan dengan kondisi dan karakteristik di Indonesia, baik berupa alam maupun material.

Metode Bina Marga ini akan menghasilkan nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) yang mampu memikul beban kendaraan yang melintasi sampai dengan akhir rencana. Maka dalam perhitungan perencanaan perkerasan lentur ini yaitu menghitung nilai ITP yang diperlukan berdasarkan perkiraan beban lalu lintas yang akan datang untuk menentukan perlunya tebal lapisan.

Untuk membuat perencanaan perkerasan lentur, akan ada beberapa faktor parameter dalam menentukan tebal perkerasan. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

3.4.1 Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut daftar di bawah ini.

Tabel 3.2 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 jalur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 jalur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 jalur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 jalur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 jalur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 jalur

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

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar di bawah ini.

Tabel 3.3 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*)		Kendaraan Berat**)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,450
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,400

*) berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

***) berat total > 5 ton, misalnya, bus, truk, traktor, semi trailer, trailer.

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

3.4.2 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) dari suatu beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb)

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus daftar di bawah ini.

Untuk sumbu tunggal:

$$E = 1 \times \left[\frac{P}{8.16} \right]^4 \quad (3.1)$$

Untuk sumbu ganda:

$$E = 0.086 \times \left[\frac{P}{8.16} \right]^4 \quad (3.2)$$

Setiap kendaraan mempunyai sumbu yang berbeda, sumbu depan biasanya merupakan sumbu tunggal dan sumbu belakang merupakan sumbu tunggal atau ganda. Dalam perhitungan angka ekuivalen ini yaitu penjumlahan antara angka ekuivalen sumbu depan dan angka ekuivalen sumbu belakang. Selain dapat menggunakan **Persamaan 3.1** dan **Persamaan 3.2** diatas, Departemen Pekerjaan Umum telah menentukan angka ekuivalen yang dapat dilihat pada **Tabel 3.4** berikut.

Tabel 3.4 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016

Lanjutan Tabel 3.4 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	10,000	0,0860
9000	19841	14,798	0,1273
10000	22046	22,555	0,1940
11000	24251	33,022	0,2840
12000	26455	46,770	0,4022
13000	28660	64,419	0,5540
14000	30864	86,647	0,7452
15000	33069	114,184	0,9820
16000	35276	147,815	12,712

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

3.4.3 Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus-rumus Lintas Ekuivalen

Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) adalah jumlah rata-rata lalu-lintas kendaraan bermotor beroda 4 atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan.

Lintas Ekuivalen Permukaan (LEP) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana.

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana.

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana.

Lintas Ekuivalen Tengah (LET) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) pada jalur rencana pada pertengahan umur rencana.

Lintas Ekivalen Rencana (LER) adalah suatu besaran yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) jalur rencana

Berikut adalah formula dari Lintas Ekivalen.

- a) Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan di tentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

- b) Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (3.3)$$

Catatan: j = jenis kendaraan.

- c) Lintas Ekivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (3.4)$$

Catatan: i = perkembangan lalu lintas j = jenis kendaraan

- d) Lintas Ekivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA) \quad (3.5)$$

- e) Lintas Ekivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$LER = LET \times FP \quad (3.6)$$

Faktor penyesuaian (FP) tersebut di atas ditentukan dengan Rumus.

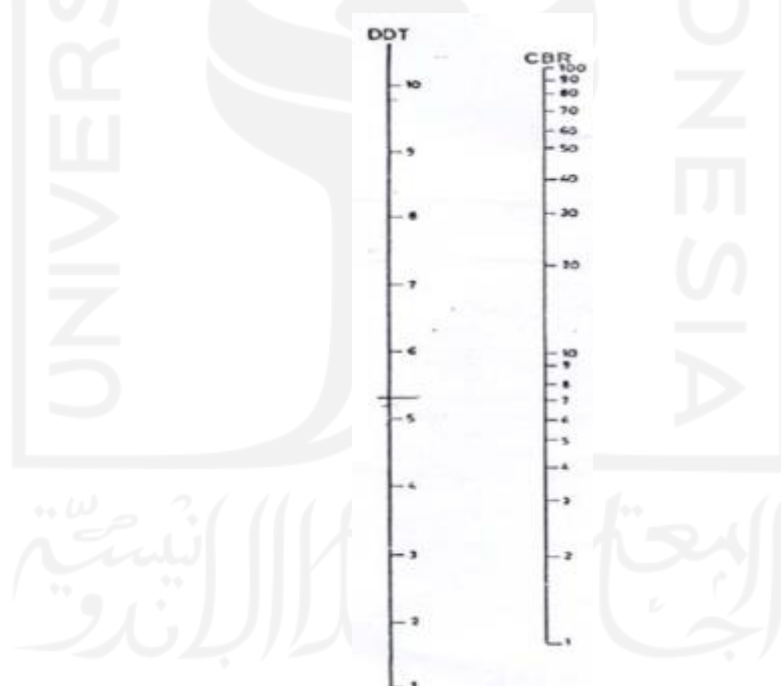
$$FP = UR/10 \quad (3.7)$$

3.4.4 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi **Gambar 3.3**. Yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. Jika digunakan CBR lapangan maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung (undisturb), kemudian direndam dan diperiksa harga CBR-nya. Dapat juga mengukur langsung di lapangan (musim hujan/direndam). CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*). Jika dilakukan menurut Pengujian Kepadatan Ringan (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.43 (02) atau Pengujian Kepadatan Berat (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.53 (02) sesuai

dengan kebutuhan. CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru. Sementara ini dianjurkan untuk mendasarkan daya dukung tanah dasar hanya kepada pengukuran nilai CBR. Cara-cara lain hanya digunakan bila telah disertai data-data yang dapat dipertanggungjawabkan. Cara-cara lain tersebut dapat berupa: Group Index, Plate Bearing Test atau R-value. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut:

- a) Tentukan harga CBR terendah.
- b) Tentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- c) Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%.
- d) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
- e) Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90%.



Gambar 3.3 Korelasi DDT dan CBR

Catatan: Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar sebelah kiri diperoleh nilai DDT.

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

3.4.5 Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut.

Tabel 3.5 Faktor Regional (FR)

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

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

Catatan: Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

3.4.6 Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini.

IP = 1,0: adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5: adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0: adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 2,5: adalah menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekivalen rencana (LER), menurut daftar di bawah ini.

Tabel 3.6 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	lokal	kolektor	arteri	tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

*) LER dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal.

Catatan: Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

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

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/ kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut daftar VI di bawah ini.

Tabel 3.7 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Permukaan	IPo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000

Lanjutan Tabel 3.7 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Permukaan	IPo	Roughness *)(mm/km)
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	

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

3.4.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai *Marshall*.

Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

Tabel 3.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	

Lanjutan Tabel 3.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas A)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,1	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

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

3.4.8 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkuatan

Tabel 3.9 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan (Lapis Permukaan)

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

Tabel 3.10 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan (Lapis Pondasi)

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur

Lanjutan Tabel 3.10 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan (Lapis Pondasi)

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
7,50 – 9,99	10	Laston Atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 – 12,14	20	Batu pecaha, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

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

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm

3.4.9 Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Perhitungan perencanaan ini didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan jangka panjang, dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP (Indeks Tebal Perkerasan), dengan rumus sebagai berikut.

$$ITP = a_1D1 + a_2D2 + a_3D3 \quad (3.8)$$

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan (daftar VII)

$D1, D2, D3$ = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).

Angka 1, 2 dan 3 : masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

3.5 PENINGKATAN JALAN DENGAN METODE KONSTRUKSI BERTAHAP

Menurut Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen (1987), konstruksi bertahap digunakan pada keadaan tertentu, antara lain:

1. Keterbatasan biaya untuk pembuatan tebal perkerasan sesuai, rencana (misalnya : 20 tahun). Perkerasan dapat direncanakan dalam dua tahap, misalnya tahap pertama untuk 5 tahun, dan tahap berikutnya untuk 15 tahun.
2. Kesulitan dalam memperkirakan perkembangan lalu lintas untuk (misalnya : 20 sampai 25 tahun). Dengan adanya pentahapan, perkiraan lalu lintas diharapkan tidak jauh meleset.
3. Kerusakan setempat (*weak spots*) selama tahap pertama dapat diperbaiki dan direncanakan kembali sesuai data lalu lintas yang ada.

3.6 OVERLAY

Overlay biasa juga disebut dengan pelapisan tambah atau perkuatan jalan lama, ada hal-hal tertentu yang dapat dilakukan agar dilakukannya penanganan *overlay* seringkali dimaksudkan juga untuk memperbaiki fungsi jalan misalnya penanganan bentuk permukaan, kenyamanan dan perbaikan lain pada permukaan jalan yang sifatnya non struktural. Namun peningkatan struktur dari pengamanan ini harus tetap diperhatikan jika lendutan karakteristik suatu segmen jalan melampaui Pemicu Lendutan. Terdapat 3 (tiga) Pedoman yang dapat digunakan untuk desain *overlay*:

- Pendekatan berdasarkan lendutan yang terdapat dalam Pedoman Perencanaan Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan (Pd T-05-2005).
- Pendekatan berdasarkan *AASHTO* 1993 yang diuraikan pada Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur (Pt T-01-2002-B).
- Pendekatan berdasarkan lendutan (modifikasi dari Pd T-05-2005) dalam Pedoman Desain Perkerasan Lentur (Interim) No.002/P/BM/2011. Pedoman Pd T-05-2005 telah digantikan (*superseded*) dengan Pedoman

Interim No.002/P/BM/2011 dan perangkat lunak berkaitan, SDPJL, dapat digunakan.

Pada penelitian ini tidak menghitung tebal *overlay*. Tebal *overlay* diasumsikan yaitu 40 mm untuk melakukan perawatan pada perkerasan lentur.

3.7 PERENCANAAN PERKERASAN KAKU

Desain perencanaan perkerasan kaku ini menggunakan Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003 (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003) dan Manual Desain Perkerasan Jalan (Bina Marga, 2017).

Untuk membuat perencanaan perkerasan kaku, akan ada beberapa faktor parameter dalam menentukan tebal perkerasan. Ketebalan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar - besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

3.7.1 Tanah Dasar dan Pondasi Bawah

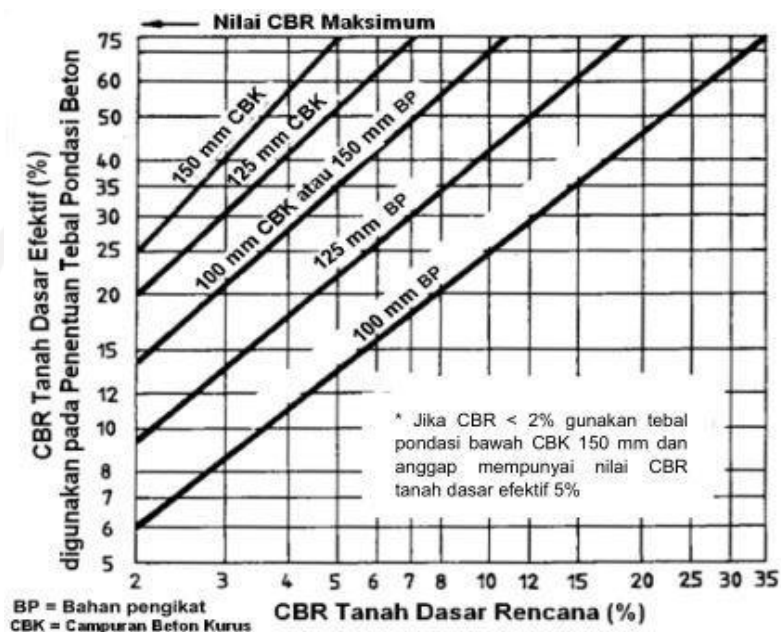
1. Tanah Dasar

Manual Desain Perkerasan Jalan (Bina Marga, 2013) menerangkan bahwa lapis tanah dasar harus dibentuk sesuai dengan profil desain dan penampang melintang perkerasan, kemudian dipadatkan pada 100% kepadatan kering ringan pada kedalaman 30 % dan harus memenuhi CBR desain. Tanah yang dibutuhkan:

- a. Memiliki setidaknya CBR rendaman minimum desain.
- b. Dibentuk dengan baik.
- c. Terpadatkan dengan benar.
- d. Tidak sensitif terhadap hujan.
- e. Mampu mendukung lalu lintas konstruksi.

Sama halnya dengan desain perkerasan lentur, untuk pengujian CBR dapat dilakukan dengan menggunakan uji lapangan atau dengan melakukan uji pada laboratorium yang sesuai dengan SNI 03-1731-1989. Tanah dasar yang

mempunyai nilai CBR kurang dari 2% maka harus menggunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%.



Gambar 3.4 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi beton

Sumber: Departemen Pemukiman & Prasarana Wilayah (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2. Pondasi Bawah

Pd T-14-2003 bahan pondasi bawah bisa berupa bahan berbutir, melakukan stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat, dan atau campuran beton kurus dengan syarat diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan kaku dan tebal minimal 10 cm. tebal yang diisyaratkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.5 CBR Tebal Pondasi

Sumber: Departemen Pemukiman & Prasarana Wilayah (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

3.7.2 Beton Semen

Didalam Pd T-14-2003 kekuatan beton dinyatakan dalam nilai kuat tarik tekan. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik beton dapat didekati dengan persamaan:

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0.5} \quad (3.9)$$

Keterangan:

f_{cf} = Kuat tarik lentur beton 28 hari (MPa),

f_c' = Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (MPa), dan

K = Konstanta, 0,7 untuk agregat tida pecah dan 0,75 untuk agragat pecah.

3.7.3 Lalu Lintas

Secara umum parameter lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan perkerasan Pd T-14-2003 meliputi analisis volume lalu lintas, konfigurasi sumbu kendaraan niaga, lajur rencana dan koefisien distribusi, umur rencana, pertumbuhan lalu lintas, lalu lintas rencana dan faktor keamanan beban.

1. Analisis Volume Lalu Lintas

Parameter analisis volume lalu lintas didasarkan pada bebarapa syarat berikut:

- A. Survei dilakukan dengan durasi 7×24 jam secara faktual yang mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas.
- B. Hasil – hasil survey lalu lintas sebelumnya.
- C. Untuk jalan lalu lintas rendah dapat menggunakan nilai perkiraan pada tabel berikut.

Tabel 3.11 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan Lalu Lintas Rendah

Deskripsi Jalan	LHR dua arah (kend/hari)	Kendaraan berat (% dari lalu lintas)	Umur rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pengali Pertumbuhan kumulatif lalu lintas	Kelompok Sumbu/ Kendaran Berat	Kumulatif HVAG (kelompok sumbu)	Faktor ESA/ HVAG	Beban Lalu Lintas desain (aktual) (ESA4)
Jalan desa Minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454*	3.16	4.5×10^4
Jalan kecil dua arah	90	3	20	1	22	2	21.685	3.16	7×10^4
Jalan Lokal	500	6	20	1	22	2.1	252.945	3.16	8×10^5
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3.5	28.2	2.3	473.478	3.16	1.5×10^6
Jalan kolektor	2000	7	20	3.5	28.2	2.2	1.585.122	3.16	5×10^6

Sumber: Bina Marga (Manual Perkerasan Jalan, 2017)

2. Konfigurasi Sumbu Kendaraan Niaga

Pd T-14-2003 menerangkan bahwa kendaraan niaga merupakan kendaraan yang paling sedikit mempunyai dua sumbu atau lebih dan setiap kelompok bannya mempunyai paling sedikit satu roda tunggal dan berat total minimum 5 ton. Adapun konfigurasi kelompok sumbu untuk perencanaan yaitu:

- A. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- B. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- C. Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
- D. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

3. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana bias juga dikatakan dengan koefisien distribusi kendaraan niaga. Hal ini dapat ditentukan pada tabel berikut.

Tabel 3.12 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Jalur Rencana

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (nl)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$Lp < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq Lp < 8,25$ m	2 lajur	0.7	0.5
$8,25 \text{ m} \leq Lp < 11,25$ m	3 lajur	0.5	0.475
$11,23 \text{ m} \leq Lp < 15,00$ m	4 lajur	-	0.45
$15,00 \text{ m} \leq Lp < 18,75$ m	5 lajur	-	0.425
$18,75 \text{ m} \leq Lp < 22,00$ m	6 lajur	-	0.4

Sumber: Departemen Pemukiman & Prasarana Wilayah (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

4. Umur Rencana

Umur rencana adalah suatu periode tertentu dalam tahun yang dirancang agar jalan yang direncanakan dan dipelihara dapat berfungsi seama periode tersebut. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun. Bina Marga telah menentukan agar umur rencana diharapkan dapat melayani dengan elemen perkerasan sebagai berikut.

Tabel 3.13 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

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

Sumber: Bina Marga (Manual Perkerasan Jalan, 2017)

5. Pertumbuhan Lalu Lintas

Dalam merencanakan perkerasan jalan beton, jumlah lalu lintas disuatu kawasan akan bertambah sesuai dengan pertumbuhan yang diperkirakan. Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat ditentukan sebagai berikut:

$$R = \frac{(1 + i)^{UR}}{1} \quad (3.10)$$

dengan:

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas,

I = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %, dan

UR = Umur rencana (tahun).

Faktor pertumbuhan lalu lintas (R) dapat juga ditentukan berdasarkan tabel di bawah ini.

Tabel 3.14 Faktor Pertumbuhan Lalu – Lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

Sumber: Departemen Pemukiman & Prasarana Wilayah (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

6. Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (3.11)$$

dengan:

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana,

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka,

R = Faktor pertumbuhan kumulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana, dan

C = Koefisien distribusi kendaraan.

7. Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{kb}). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat rehabilitas perencanaan yang dapat pada tabel berikut.

Tabel 3.15 Faktor Keamanan Beban (F_{kb})

No.	Penggunaan	Nilai
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15. menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban (<i>weight-in-motion</i>)	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

Sumber: Departemen Pemukiman & Prasarana Wilayah (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

3.7.4 Bahu

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Bahu beton akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud bahu pada Pd T-14-2003 ini yaitu bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu lintas dengan lebar minimum 1.50 m atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu lintas sebesar 0.6 m yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

3.7.5 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton ditujukan untuk:

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain:

- Sambungan memanjang.
- Sambungan melintang.
- Sambungan isolasi.

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

Pd T-14-2003 menerangkan bahwa batang pengikat pada sambungan memanjang harus sesuai dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. atau dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$A_t = 204 \times b \times h, \text{ dan} \quad (3.12)$$

$$I = (38.3 \times \phi) + 75 \quad (3.13)$$

dengan:

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2),

b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m),

h = Tebal pelat (m), dan

I = Panjang batang pengikat yang dipilih (mm)

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

Sedangkan jarak antar sambungan melintang yang diisyaratkan pada Pd T14-2003 adalah jarak sambungan perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 – 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada **Tabel 3.16** berikut.

Tabel 3.16 Diameter Ruji yang Diisyaratkan

No	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220h \leq 250$	36

Sumber: *Departemen Pemukiman & Prasarana Wilayah (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)*

3.7.6 Desain Tebal Perkerasan

Prosedur desain tebal perkerasan beton semen didasarkan pada dua parameter yaitu kerusakan yang disebabkan fatik (lelah) dan erosi pada pondasi bawah yang diumpamakan terkena beban berulang. Terdapat juga parameter perhitungan dengan ada tidaknya ruji, bahu beton dan klasifikasi jala, baik jalan dalam kota maupun jalan dalam kota.

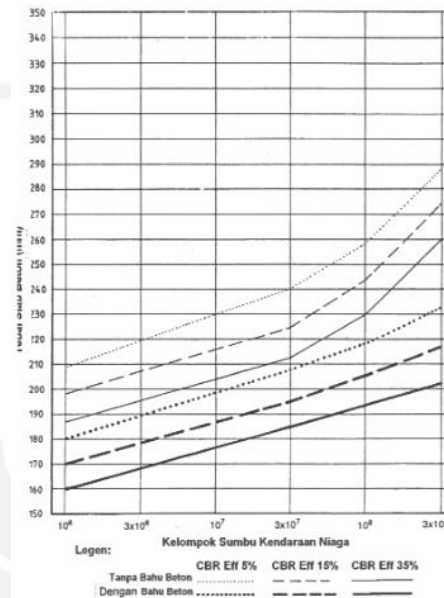
Didalam perhitungannya yang dibutuhkan adalah jumlah repitisi yang terjadi yang diperoleh dari penjumlahan masing-masing sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana. Perhitungan repitisi sumbu dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{Repitisi sumbu} = \text{porporsi beban} \times \text{porporsi sumbu} \times \text{JSKN} \quad (3.14)$$

Kemudian dapat dicari jenis dan tebal pondasi yang membutuhkan nilai CBR tanah dasar efektif pada **Gambar 3.4**. Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran

yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

Dalam hal penentuan tebal perkerasan taksiran, digunakan **Gambar 3.6** Grafik hubungan Kelompok sumbu kendaraan niaga dengan tebal perkerasan serta CBR tanah dasar efektif pada jalan luar kota.



Gambar 30 Contoh Grafik Perencanaan, $f_{cf} = 4,25$ MPa, Lalu-Lintas Luar Kota, Dengan Ruji, FKB = 1,1

Gambar 3.6 Taksiran Tebal Perkerasan Menggunakan Hubungan Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga CBR Tanah Efektif

Setelah tebal taksiran diperoleh maka selanjutnya dilakukan analisa fatik dan erosi. Berdasarkan Pd-T-14-2003 untuk analisa fatik dan erosi perlu dicari terlebih dahulu tegangan ekuivalen serta faktor erosi sesuai dengan kategori sumbu kendaraannya yakni STRT, STRG dan STdRG. Nilai tegangan ekuivalen dan faktor erosi diperoleh dari Lampiran 1 dengan memasukkan nilai tebal perkerasan dan CBR tanah dasar efektif. Setelah tegangan ekuivalen dan faktor erosi sesuai konfigurasi beban dan sumbu kendaraan niaga tersebut diketahui, maka perlu dicari Faktor Rasio Tegangan (FRT) sesuai masing-masing konfigurasi sumbu kendaraan tersebut. Untuk menghitung FRT maka digunakan persamaan berikut ini:

$$FRT = TE/f_{cf} \quad (3.15)$$

dengan:

FRT = Faktor Ratio Tegangan,

TE = Tegangan Ekuivalen, dan

F_{cf} = Kuat tarik lentur beton pada umur 28 hari.

Kuat tarik lentur beton pada umur 28 hari sendiri ditentukan dengan **Persamaan 3.9**. Setelah FRT masing-masing sumbu diketahui maka analisa fatik dan erosi dapat dilakukan. Analisa fatik dan erosi dalam hal ini diterjemahkan sebagai persentasi kerusakan yang diperoleh dari rumus berikut ini:

$$\text{Persentase kerusakan } i = (\text{repetisi yang terjadi } i \times 100) / \text{Repetisi ijin} \quad (3.16)$$

dengan:

i = Jenis konfigurasi beban dan sumbu kendaraan.

3.8 ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN (AHSP)

Menurut SNI Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan, Analisa Harga Satuan Pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi, yang dijabarkan dalam perkalian indeks bahan material dan upah kerja dengan harga bahan material dan standar. satuan jenis kegiatan konstruksi bangunan yang dinyatakan dalam satuan panjang, luas, volume dan unit. pengupahan pekerja, untuk menyelesaikan per-satuan pekerjaan konstruksi

Perhitungan biaya dihitung melalui spesifikasi umum pekerjaan konstruksi jalan dalam Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Marga yang menjadi lampiran dalam Permen PU-PR No. 28 Tahun 2016. Spesifikasi umum tersebut terdiri atas 10 divisi. Ke sepuluh divisi tersebut

adalah:

1. Divisi 1 - Umum
2. Divisi 2 - Drainase
3. Divisi 3 - Pekerjaan Tanah
4. Divisi 4 - pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan
5. Divisi 5 - Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen
6. Divisi 6 - Perkerasan Aspal

7. Divisi 7 - Struktur
8. Divisi 8 - Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor
9. Divisi 9 - Pekerjaan Harian
10. Divisi 10 - Pekerjaan Pemeliharaan Rutin

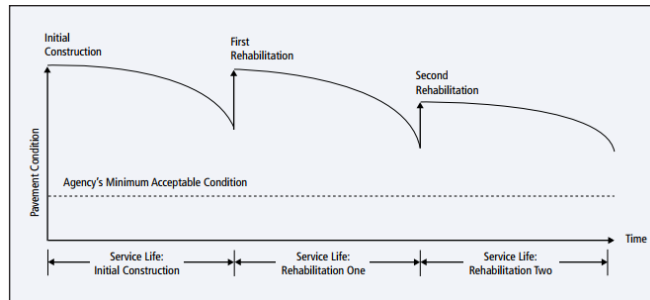
3.9 BIAYA SIKLUS HIDUP (*Life Cycle Cost Analysis*)

The Minnesota Department of Transportation (MnDOT) dalam manual *MnDOT Selection of Pavement Surface for Road Rehabilitation* mengatakan bahwa analisis biaya siklus hidup (*Analysis Life Cycle Cost*) adalah alat analisis ekonomi digunakan untuk membandingkan alternatif perkerasan untuk proyek jalan yang diberikan dengan mengevaluasi biaya awal dan perkiraan masa depan mereka. Ini mengubah biaya masa depan menjadi nilai hari ini dan mengidentifikasi alternatif perkerasan biaya terendah dengan menyampaikan masing-masing biaya penuh alternatif selama periode waktu tertentu.

U.S Department of Transportation mengemukakan bahwa biaya siklus hidup adalah suatu teknik evaluasi untuk pertimbangan tertentu dari keputusan investasi. Secara khusus, setelah diputuskan bahwa sebuah proyek akan di implementasikan, biaya siklus hidup akan membantu dalam menentukan yang terbaik, biaya terendah dan cara menyelesaikan proyek.

Dari penjelasan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa untuk mendapatkan biaya siklus hidup yaitu dimana biaya pemeliharaan selama masa umur layanan dengan mencari nilai *future* -nya, kemudian di *present*-kan kembali. Penggunaan *future worth* menggunakan tingkat inflasi dan *present* digunakan *BI Rate*. Maka biaya siklus hidup yaitu penjumlahan dari biaya siklus hidup dan biaya konstruksi awal (*initial cost*).

Adapun strategi dalam biaya siklus hidup dapat dilihat pada gambar 3.7 di bawah.



Gambar 3.7 Proyeksi Jadwal Rehabilitas dan Perawatan

Sumber : Federal Highway Administration Life Life Cycle Cost Primer, Washington DC: US Department of Transportation, 2002

Dalam menentukan strategi diatas, tidak ada aturan baku dalam menentukan kapan dan seberapa yang diperbaiki didalam merehabilitasi jalan tersebut. Kebutuhan itu diambil dari asumsi – asumsi pendekatan. Adapun konsep yang digunakan dapat dilihat gambar berikut.

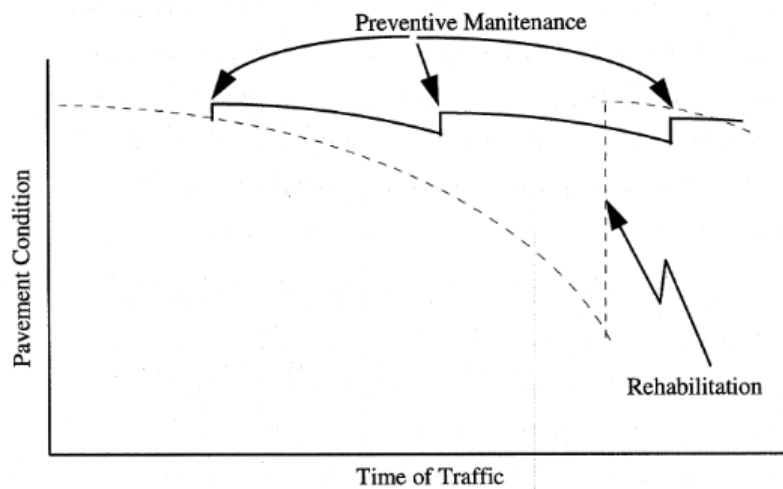


Figure 5. Conceptual performance of preventive maintenance treatments.

Gambar 3.8 Konsep Rehabilitasi untuk Siklus Hidup

Sumber: Life Cycle Cost Analysis in Pavement Design, U.S Department of Transportation, 1998

Konsep di atas memperkirakan bahwa kondisi perkerasan pasti akan terus menurun dalam umur layanan, maka ketika telah menurun diharapkan dengan

adanya rehabilitasi maka akan menaikkan kembali ke *preventative* dengan dilakukan *corrective* (perbaikan), hal ini akan dapat menaikkan performa perkerasan agar dapat bertahan sampai umur layanan ataupun melebihi dari umur layanan.



BAB IV

METODE PENELITIAN

Menurut Suryana (2010), Metode penelitian atau disebut juga metode ilmiah adalah prosedur atau langkah-langkah sistematis dalam mendapatkan pengetahuan. Hasil yang didapat akan menjadi sebuah ilmu pengetahuan yang tersusun secara sistematis dan runtut dari proses metode ilmiah tersebut. Prosedur yang tertuang mulai dari mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah, menyusun kerangka pemikiran, merumuskan hipotesa, menguji hipotesa dan menarik kesimpulan.

4.1 JENIS PENELITIAN

Jenis penelitian merupakan suatu gambaran teknik penelitian. Menurut Suryana (2010) teknik penelitian adalah cara untuk melaksanakan metode penelitian. Metode penelitian ini yang mengacu pada bentuk dan jenis penelitian itu sendiri.

Ada beberapa jenis atau metode penelitian, salah satunya yang paling sering digunakan adalah metode deskriptif (mendeskripsikan). Suryana (2010) mendefinisikan, metode deskriptif yaitu metode yang digunakan untuk mencari unsur-unsur, ciri-ciri, sifat-sifat suatu fenomena. Prosedur atau langkah metode dengan mengumpulkan data, menganalisis data dan menginterpretasikannya. Dalam penelitian ini, pelaksanaannya dilakukan dengan studi komparatif, menggunakan studi kasus yang hasilnya akan mendeskripsi secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat dari objek yang diteliti.

4.2 OBJEK PENELITIAN

Dalam kamus besar Bahasa Indonesia, Objek adalah benda yang dijadikan sasaran untuk diperhatikan dan diamati. Penelitian ini memiliki suatu objek yaitu ruas jalan Ngaran _ Telukan Kabupaten Klaten dengan pusat perhatian dan sasaran untuk diperhatikan pada perbandingan metode konstruksi, biaya konstruksi (*initial cost*) dan biaya siklus hidup (*life cycle cost*) peningkatan jalan

(pelebaran jalan) antara perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan lapisan atas menggunakan AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*).

4.3 PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data penelitian ini diperoleh dari data sekunder, yaitu data yang berasal dari sumber kedua. Mulai dari gambar perencanaan peningkatan jalan Ngaran-Telukun Kabupaten Klaten, data lalu lintas, daftar harga satuan bahan, upah dan alat Kabupaten Klaten.

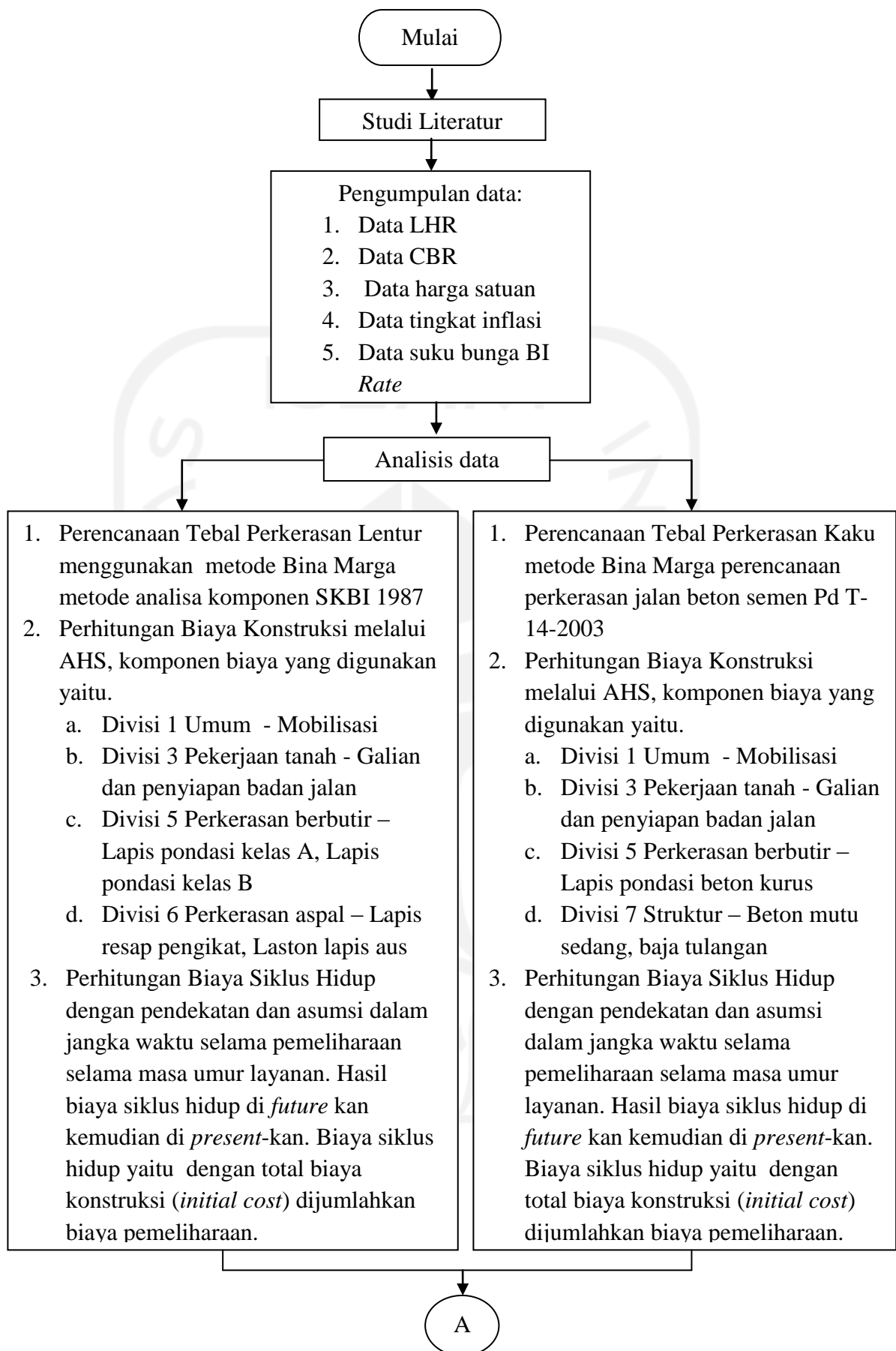
4.4 PENGOLAHAN DATA

Data volume lalu lintas akan digunakan untuk mendesain perkerasan lentur,. Pada perkerasan kaku peneliti menggunakan dimensi gambar shop drawing. Kedua perkerasan tersebut pada pelaksanaannya akan didapat perbedaan metode konstruksi untuk pengerjaannya, selanjutnya daftar harga satuan bahan, upah dan alat akan digunakan untuk membuat rencana anggaran biaya total dari kedua perkerasan tersebut serta menghitung biaya siklus hidup peningkatan jalan selama umur rencana.

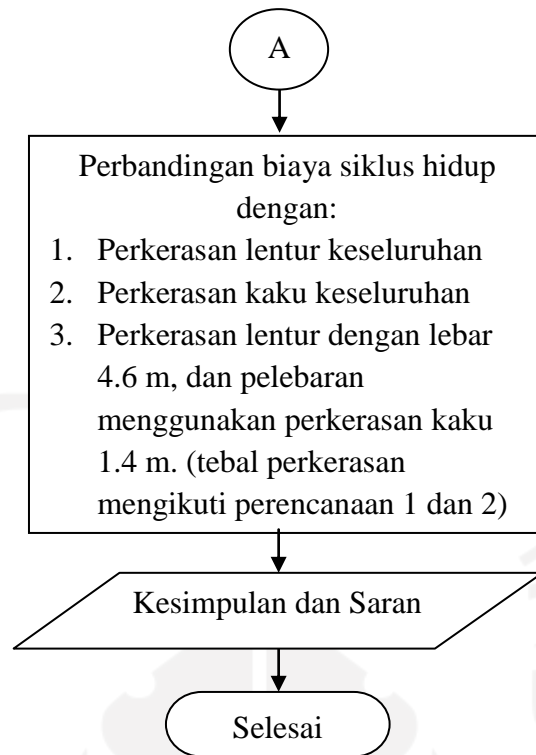
Dari hasil perhitungan tersebut akan didapat alternative lapisan perkerasan mana yang unggul dalam metode konstruksi, biaya konstruksi dan biaya siklus hidup.

4.5 BAGAN ALIR PENELITIAN

Berikut adalah kerangka atau skema yang penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.2 Lanjutan Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 DATA PENELITIAN

Adapun data-data yang diperoleh untuk perencanaan perkerasan adalah sebagai berikut:

A. Data Informasi Jalan

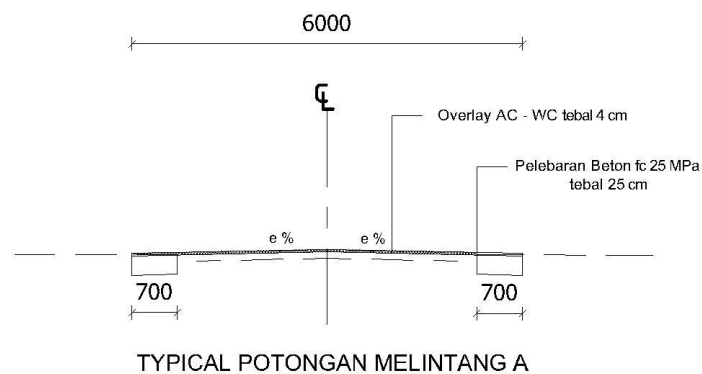
Panjang : 4,15 kilometer

Lebar : 6 meter

Perkerasan Eksisting : Perkerasan Lentur (lama), L = 4,6 meter

Perkerasan Kaku (baru), L = 1,4 meter

Kondisi : Rusak Ringan (*Overlay*)



Gambar 5.1 Typical Potongan Melintang

Sumber: Data sekunder DED ruas Ngaran – Telukan, (2017)

B. Data Upah, Bahan, alat dan Analisis Harga Satuan Tahun 2017 yang terlampir didalam **LAMPIRAN 7, 8 dan 9.**

C. Data Lalu Lintas dan CBR

Data - data ini didapat dan termasuk didalam data sekunder dari Bina Marga Dinas PU Kabupaten Klaten. Adapun data lalu lintas tersebut dapat dilihat pada **Tabel 5.1** berikut.

Tabel 5.1 Data lalu lintas harian rata-rata tahunan ruas Ngaran - Telukan

Klarifikasi Kendaraan	Jenis Kendaraan	Jumlah
Gol 1	Motor	1851
Gol 2	Mobil Penumpang	538
Gol 6b	Truk Berat 2 As	610
Volume Kendaraan (kend/hari)		2999

Sumber : Bina Marga, (2018)

Sedangkan nilai CBR yang digunakan yaitu 11,2%. Data-data tersebut digunakan untuk merencanakan perkerasan baru yaitu perencanaan perkerasan lentur dan perencanaan perkerasan kaku, kemudian nantinya akan dibandingkan biaya siklus hidup dari masing-masing alternatif perkerasan, mulai dari perkerasan eksisting (perpaduan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur), hasil perencanaan perkerasan lentur, dan hasil perencanaan perkerasan kaku.

5.2 PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR

5.2.1 Data Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Pada desain perencanaan perkerasan lentur ini menggunakan data sebagai berikut.

Tabel 5.2 Data Desain Perencanaan Perkerasan Lentur

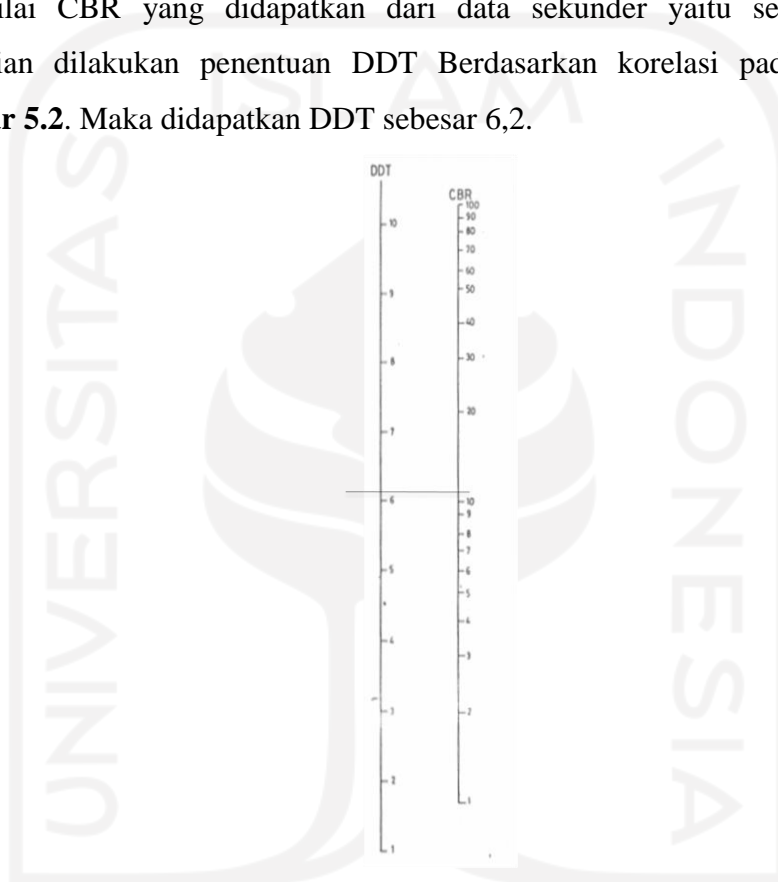
No	Data Jalan	Keterangan
1	Klasifikasi jalan	Kolektor Sekunder
2	Panjang (km)	4,15 km
3	Lebar (m)	6 m
4	Susunan Lapisan Perkerasan	Material Lapisan Perkerasan
	1. <i>Surface Course</i>	1. Laston MS 744
	2. <i>Base Course</i>	2. Batu Pecah Agregat Kelas 2
	3. <i>Subbase Course</i>	3. Sirtu Kelas b
5	Kelandaian (%)	5%
6	Jalan Dibuka	2021
7	Lama Pembangunan (thn)	3
8	Lajur	2 arah 2 lajur
9	Umur rencana (thn)	20
10	Laju pertumbuhan yang digunakan	3,5%

Lanjutan Tabel 5.2 Data Desain Perencanaan Perkerasan Lentur

No	Data Jalan	Keterangan
11	CBR desain	11,2
12	Koefisien Ditribusi Kendaraan (2 Lajur 2 Arah)	0,5

5.2.2 CBR dan Daya Dukung Tanah (DDT)

Nilai CBR yang didapatkan dari data sekunder yaitu sebesar 11,2%. Kemudian dilakukan penentuan DDT Berdasarkan korelasi pada nomogram **Gambar 5.2**. Maka didapatkan DDT sebesar 6,2.



Gambar 5.2 Korelasi CBR dan DDT Desain

5.2.3 Perhitungan Lalu Lintas Utama

1. Menghitung Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Untuk menghitung angka ekuivalen dapat dilakukan dengan **Persamaan 3.1** untuk sumbu tunggal dan **Persamaan 3.2** untuk sumbu ganda, atau konfigurasi beban sumbu berdasarkan **Tabel 3.4**. Untuk kendaraan Golongan 1 atau sepeda motor tidak diperhitungkan beban sumbu kendaraanya. Perhitungannya dapat dilihat berikut pada jenis Golongan 2 dengan berat total maksimum 2000 kg.

Distribusi beban sumbu depan 50% dan beban sumbu belakang 50%. Angka Ekuivalennya:

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{50\% \times 2000}{8160} \right]^4 + \left[\frac{50\% \times 2000}{8160} \right]^4 \\ &= 0,00023 + 0,00023 \\ &= 0,00046 \end{aligned}$$

2. Menghitung Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Menghitung Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dapat dilakukan dengan perhitungan pada **Persamaan 3.3** dan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) **Persamaan 3.4** pada setiap masing-masing jenis kendaraan. Untuk nilai Koefisien Distribusi Kendaraan (C) dapat dilihat pada **Tabel 3.3** jumlah 2 lajur dan 2 arah didesain pada kendaraan berat yaitu 0,5. Contoh perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) sebagai berikut.

Golongan 2 (mobil penumpang):

$$LHR^{2017} = 538$$

$$\begin{aligned} LHR^{2020} &= LHR \times (1 + i)^{UR} \\ &= 538 \times (1 + 0,035)^3 \\ &= 596,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LHR^{2040} &= LHR \times (1 + i)^{UR} \\ &= 596,49 \times (1 + 0,035)^{20} \\ &= 1186,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LEP^{2017} &= LHR \times C \times E \\ &= 538 \times 0,5 \times 0,00046 \\ &= 0,1213 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LEA^{2040} &= LHR \times C \times E \\ &= 1186,89 \times 0,5 \times 0,00046 \\ &= 0,268 \end{aligned}$$

Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.3** berikut ini.

Tabel 5.3 Perhitungan Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) dan Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Gol	jenis kendaraan	tipe gandar	C	LHR 2017	LHR 2020	LHR 2040	E	LEP (ESAL)	LEA (ESAL)
1	Motor	1.1	0.50	1851.00	2052.24	4083.52		0.00	0.00
2	Mobil penumpang	1.1	0.50	538.00	596.49	1186.89	0.00045	0.1213	0.268
6B	Truck 2 sumbu 6 roda	1.2H	0.50	610.00	676.32	1345.73	5.02641	1533.05	3382.09
				2999	3325	6616	-	1533.17	3382.36

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

3. Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET) dapat dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 3.5**, adapun perhitungannya dapat di lihat berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{LET} &= \frac{1}{2} \times \text{LEP} \times \text{LEA} \\
 &= \frac{1}{2} \times 1533,17 \times 3382,36 \\
 &= 2457,76
 \end{aligned}$$

4. Menghitung Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Menghitung Lintas Ekivalen Rencana (LER) dapat dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 3.6**, adapun perhitungannya dapat dilihat berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{LER} &= \text{LET} \times \frac{\text{UR}}{10} \\
 &= 2457,76 \times \frac{20}{10} \\
 &= 4915,53
 \end{aligned}$$

5.2.4 Faktor Regional (FR)

Untuk menentukan Faktor Regional (FR) terlebih dahulu data-data yang kita dapatkan yaitu kelandaian yang diinginkan iklim mm/thn. Dari data sekunder yang didapatkan yaitu kelandaian I (< 6%) dengan persen kendaraan berat < dari 30% (Sumber: Hasil Analisis 20,34%) dan berada di iklim I dengan iklim < 900 mm/th yaitu sekitar 140,17 mm/th. Sumber: Curah Hujan di Kabupaten Klaten, BPS, (2015).

5.2.5 Indeks Permukaan

1. Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Pada perencanaan ini dipilih jenis lapisan Laston dengan *Roughness* (mm/km) >1000 dapat dilihat pada **Tabel 3.7** yaitu diperoleh sebesar 3,9 – 3,5.

2. Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

Dalam penentuan Indeks Permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu pertimbangan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekivalen rencana (LER), dapat dilihat pada **Tabel 3.6** LER rencana yang digunakan yaitu >1000 dengan klasifikasi jalan kolektor didapatkan Indeks permukaan pada akhir umur rencana yaitu 2,0 – 2,5.

5.2.6 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) ditentukan pada jenis bahan yang ada pada **Tabel 3.8** Kemudian jenis bahan yang telah ditentukan pada **Tabel 5.2**. Dari penentuan jenis bahan tersebut maka koefisien kekuatan relatif dan kekuatan bahan dapat dilihat pada **Tabel 5.4** sebagai berikut.

Tabel 5.4 Penentuan Koefisien Kekuatan Relatif (a) dan DDT

Jenis Bahan	Koefisien Kekuatan Relatif (a)	Kekuatan Bahan (CBR %)	DDT
<i>Laston Ms 744</i> (a ₁)	0.4	<i>Surface</i> Tidak Memiliki CBR	
Batu Pecah Kelas A (a ₂)	0.14	100	10,3
<i>Sirtu</i> Kelas B (a ₃)	0.12	50	9,0

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

DDT didapatkan untuk memudahkan melihat pada *Base Course* dan *Subbase Course* mencari ketebalan pada nomogram. DDT didapatkan dengan perhitungan dapat di lihat sebagai berikut.

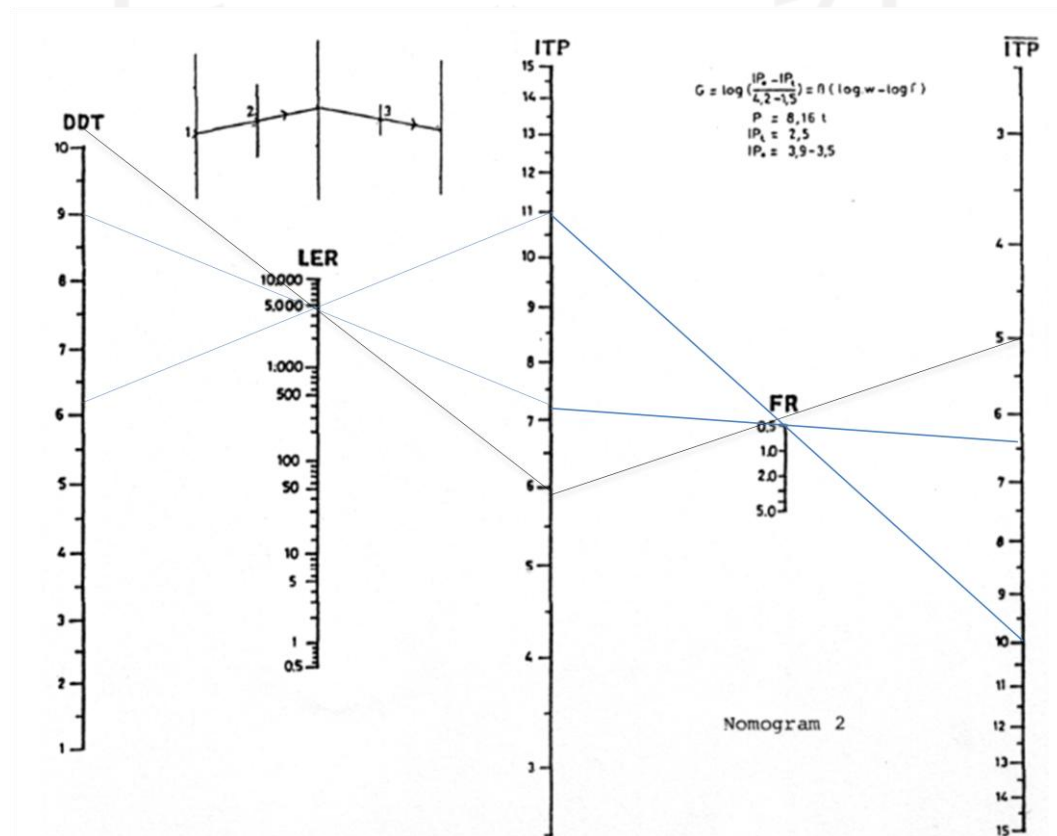
$$DDT = 4,3 \log(CBR) + 1,7$$

$$DDT = 4,3 \log(100) + 1,7$$

$$= 10,3$$

5.2.7 Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Selanjutnya untuk menentukan nomogram, yang perlu diketahui adalah nilai Indeks permukaan pada awal umur rencana (IP) dan Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IPo), nilai IP = 2,0 -2,5, diambil nilai 2,5 dan nilai IP = 3,9 -3,5, maka nomogram yang dipilih adalah nomogram 2.



Gambar 5.3 Nomogram penentuan ITP

Dari gambar nomogram 2 diatas, telah didapat dengan hasil sebagai berikut.

1. Lapis pondasi atas (*Base Course*), nilai DDT 10.3 dengan faktor regional 0,5 mendapatkan $ITP_1 = 5,8$
2. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*), nilai DDT 9,0 dengan faktor regional 0,5 mendapatkan $ITP_2 = 7,2$

3. Lapis tanah dasar (*Sub grade*), nilai DDT 6,2 dengan faktor regional 0,5 mendapatkan $ITP_3 = 10,9$

Dari hasil diatas maka tebal perkerasan yang didapat yaitu.

$$ITP_1 = a_1 \cdot D_1$$

$$5,8 = 0,4 \times D_1$$

$$D_1 = 14,5 \text{ cm} \rightarrow 14 \text{ cm (tebal minimum 10)}$$

$$ITP_2 = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2$$

$$7,2 = 0,4 \times 14 + 0,4 \times D_2$$

$$D_2 = 11,4 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm (tebal minimum 20 cm)}$$

$$ITP_3 = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$$10,9 = 0,12 \times 14 + 0,14 \times 20 + 0,12 \times D_3$$

$$D_3 = 20,8 \text{ cm} \rightarrow 21 \text{ cm (tebal minimum 10 cm)}$$



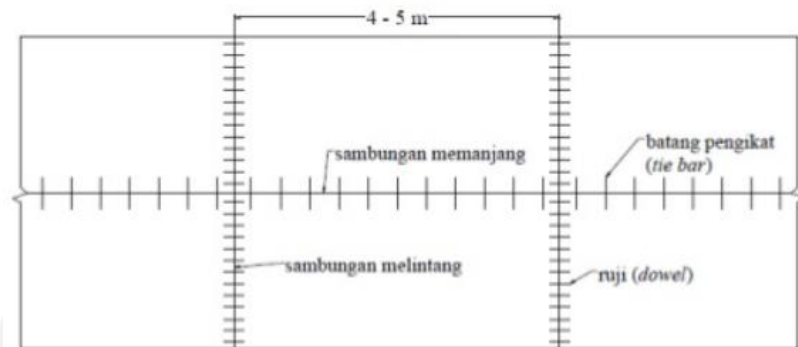
Gambar 5.4 Struktur Tebal Perkerasan

5.3 PERENCANAAN PERKERASAN KAKU

5.3.1 Pemilihan Rencana Tebal Perkerasan Kaku

Perencanaan tebal perkerasan kaku pada penelitian ini dipilih menggunakan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) dan tanpa bahu beton/bahu jalan. Pemilihan ini dipilih mengikuti perkerasan baru pada perkerasan eksisting yang menggunakan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) dan tanpa bahu beton. Ruji atau dowel digunakan pada sambungan melintang dan batang pengikat

digunakan pada sambungan memanjang. Kemudian jarak antar sambungan melintang digunakan jarak minimal yaitu 4 meter.



Gambar 5.5 Beton Bersambung Tanpa Tulangan

5.3.2 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Pada perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga, yang pertama dilakukan yakni menghitung konfigurasi beban sumbu (ton) pada masing-masing golongan kendaraan niaga (JSKN). Klasifikasi ini sesuai dengan data LHR yakni golongan 1 sampai 7C yang terdapat pada **Tabel 5.1**. Kemudian beban sumbu pada setiap golongan akan terdapat pembagian yakni Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT), Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG) dan Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG). Hasil distribusi kelompok kendaraan niaga dapat dilihat pada **Tabel 5.5** di bawah ini.

Tabel 5.5 Distribusi Kelompok Kendaraan Niaga

Klasifikasi Kendaraan	Jenis Kendaraan	Konfirmasi Beban Sumbu (ton)				Jumlah Kendaraan (bh)	Jumlah sumbu per kendaraan (bh)	Jumlah Sumbu (bh)	STRT		STRG	
		RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
Gol 1	Motor					1851						
Gol 2	Mobil Penumpang	-				538			-	-	-	-
Gol 6b	Truk Berat 2 As	6,2	12,0			610	2	1220	6,2	610	12,0	610
TOTAL								1220	-	610	-	610

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari **Tabel 5.5** diatas, untuk klasifikasi golongan kendaraan motor dan mobil penumpang, tidak dimasukkan kedalam perhitungan distribusi kelompok kendaraan niaga karena sumbu kendaraan minimum yang diambil yaitu 5 ton.

Hasil dari **Tabel 5.5** menunjukkan bahwa jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH) yaitu 1220 buah dan kemudian dilanjutkan dengan mencari faktor pertumbuhan lalu lintas. Faktor laju pertumbuhan lalu lintas dipilih 3,5% dengan deskripsi jalan Kolektor rural.

Tabel 5.6 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu - Lintas (*i*) (%)

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

Sumber: Bina Marga (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Sedangkan umur rencana dipilih menggunakan 40 tahun dengan elemen perkerasan lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen dan pondasi jalan.

Tabel 5.7 Penentuan Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

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

Sumber: Bina Marga (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Maka, faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dicari dengan **Persamaan 3.10** dan dapat dilihat pada **Tabel 5.7** di bawah.

$$R = \left(\frac{1+i}{i} \right)^{UR}$$

$$R = \left(\frac{1+0,035}{0,035} \right)^{40}$$

$$R = 84,55$$

Tabel 5.8 Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas Kumulatif

Laju Pertumbuhan lalu lintas (%)	Umur Rencana Perkerasan (thn)	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas
i	UR	R
3,5	40	84,55

Setelah didapatkan faktor pertumbuhan lalu lintas, maka dapat dilakukan perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) dengan **Persamaan 3.11**. Koefisien distribusi kendaraan yang digunakan yaitu 0,5.

Tabel 5.9 Koefisien Distribusi Kendaraan Yang Digunakan

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (nl)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
6 m	2 lajur	0,7	0,5

Sumber: Departemen Pemukiman & Prasarana Wilayah (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Maka hasil perhitungan Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) dapat dilihat pada **Tabel 5.10** di bawah.

Tabel 5.10 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

JSKNH	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	Koefisien Kendaraan Lalu Lintas	JSKN (JSKNH x 365 x R x C)
	R	C	
1220	84,55	0,5	18.825.119,34

5.3.3 Perhitungan Repitisi Sumbu yang Terjadi

Jumlah repitisi yang terjadi didapat dari penjumlahan masing-masing sesuai sumbu yang terjadi (STRT, STRG, STdRG). Proporsi beban didapat dari total jumlah sumbu sesuai beban sumbu dibagi dengan total jumlah sumbu pada jenis konfigurasi sumbu. Misal pada jenis sumbu STRT total beban sumbu 610 ton, kemudian dibagi dengan jumlah sumbu pada klasifikasi beban yang sama, maka didapatlah proporsi beban. Sedangkan proporsi sumbu didapat dari total jumlah jenis sumbu STRT dibagi dengan total jumlah sumbu yang terdapat pada semua jumlah sumbu kendaraan niaga. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.11** berikut.

Tabel 5.11 Perhitungan Jumlah Repitisi Sumbu Yang Terjadi

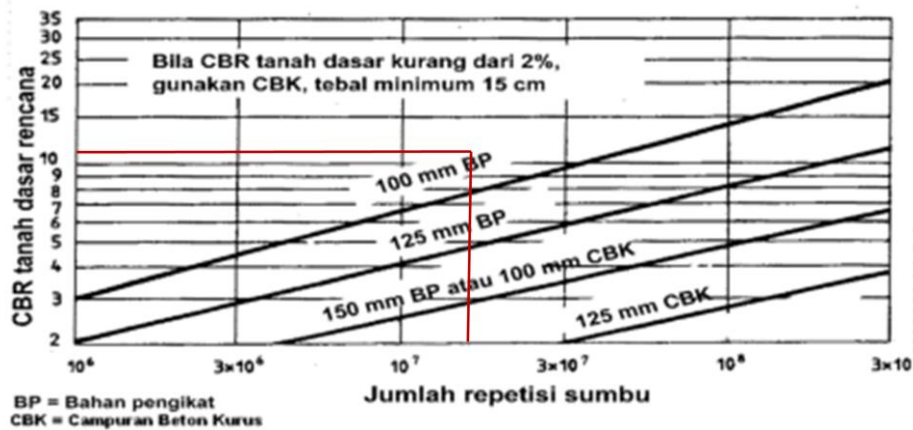
Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	JSKN	Repitisi
STRT	6,2	610	1.00	0.50	18.825.119,34	9.412.559,67
Jumlah		610	1			
STRG	12,0	610	1.00	0.50	18.825.119,34	9.412.559,67
Jumlah		610	1			
Total Repitisi						18.825.119,34

Sumber: Hasil Analisis (2018)

Dari hasil perhitungan tersebut didapat total jumlah repitisi sumbu yang terjadi yaitu 18.825.119,34.

5.3.4 Penentuan Jenis dan Tebal Pondasi

Pada perhitungan perkerasan kaku ini menggunakan nilai *CBR* sebesar 11,2%. Untuk mendapatkan jenis dan tebal pondasi dapat ditentukan dengan memasukkan total jumlah repitisi sumbu yang terjadi dan nilai *CBR* tanah dasar kedalam grafik pada **Gambar 3.5** yang dapat dilihat pada gambar berikut.

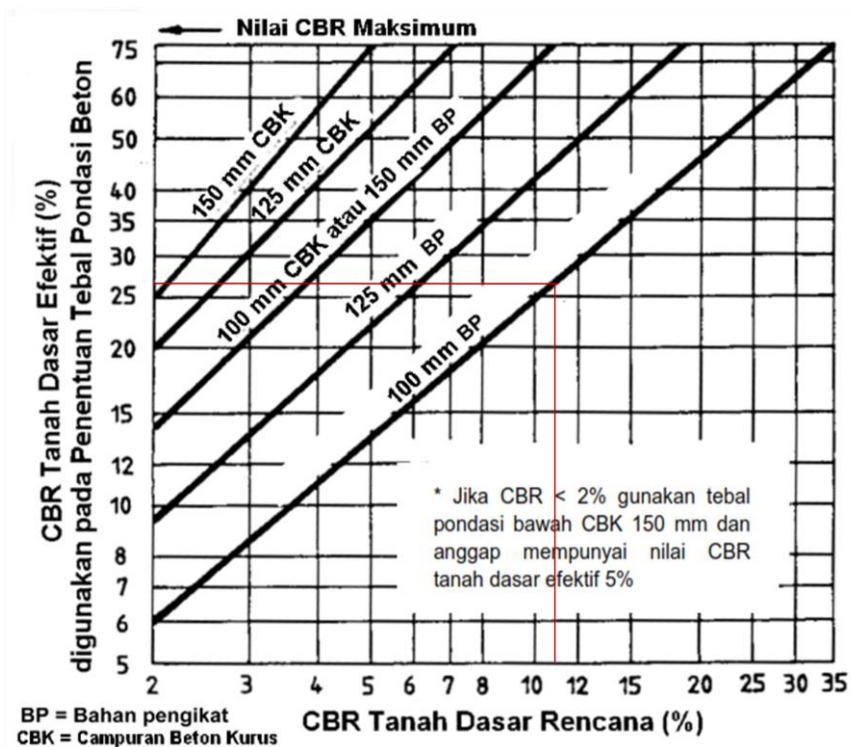


Gambar 5.6 Penentuan Jenis dan Tebal Pondasi Minimum Desain

Jenis pondasi yang digunakan dilihat dari **Gambar 5.6** adalah menggunakan Bahan Pengikat (BP) dan tebal pondasi minimum yaitu 100 mm. Menurut Pd T-14-2003 lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat digunakan salah satu dari stabilisasi material berbutir dapat berupa semen, kapur, serta abu terbang, campuran beraspal bergradasi rapat atau campuran beton krus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²). Maka dalam perencanaan ini menggunakan bahan pengikat dengan material campuran beton krus (*Lean-Mix Concrete*).

5.3.5 Penentuan *CBR* Tanah Dasar Efektif

Sebelum mendapatkan tebal perkerasan, yaitu mencari nilai *CBR* tanah dasar efektif. Untuk mendapatkan nilai *CBR* efektif dengan menggunakan hubungan grafik *CBR* tanah dasar rencana dengan hasil dari jenis dan tebal minimum pondasi pada **Gambar 5.7** yang dapat dilihat pada gambar berikut.

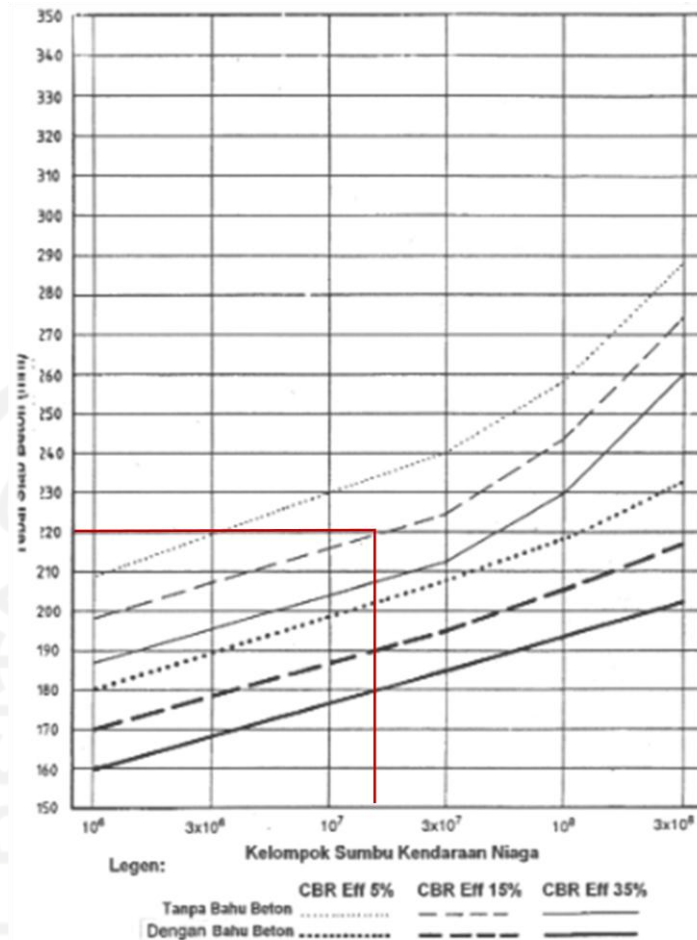


Gambar 5.7 Penentuan *CBR* Tanah Efektif Desain

Berdasarkan grafik gambar diatas, didapatkan *CBR* tanah dasar efektif sebesar 26 %.

5.3.6 Penentuan Tebal Tafsiran Perkerasan Kaku

Apabila telah didapatkan *CBR* tanah dasar efektif maka dapat didapatkan tebal taksiran perkerasan beton. Penentuan tebal taksiran didapat menggunakan grafik pada **Gambar 3.6** dengan memasukkan total jumlah repitisi kelompok sumbu kendaraan niaga dan nilai *CBR* tanah dasar efektif. Grafik ini menggunakan grafik lalu lintas luar kota dengan faktor keamanan beban (FKB) 1.1 berdasarkan Pd T-14-2003 dengan penggunaan jalan bebas hambatan (*freeway*) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah. Grafik hubungan penentuan taksiran tebal perkerasan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 30 Contoh Grafik Perencanaan, $f_{cf} = 4,25$ MPa, Lalu-Lintas Luar Kota, Dengan Ruji, FKB = 1,1

Gambar 5.8 Penentuan Tebal Taksiran Perkerasan Desain

Dapat dilihat hasil dari Grafik hubungan antara total kelompok sumbu kendaraan niaga dengan *CBR* tanah dasar efektif maka diperoleh tebal perkerasan sebesar 220 mm.

5.3.7 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton

Kuat tekan yang dipilih pada perencanaan ini yaitu 25 MPa. Sedangkan konstanta digunakan 0,75 untuk agregat pecah. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dilihat pada **Persamaan 3.9**. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.12** di bawah.

$$\begin{aligned}
 f_{cf} &= K (f_c')^{0.5} \\
 f_{cf} &= 0,75 (25)^{0.5} \\
 &= 3,75 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.12 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton

Kuat Beton (Mpa)	Konstanta (K)	Kuat Beton Karakteristik 28 hari	Unit
25	0,75	3,75	MPa

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Berdasarkan perhitungan tersebut maka kuat tarik beton diperoleh sebesar 3,75 MPa.

5.3.8 Perhitungan Beban Rencana per Roda

Beban rencana per roda didapat dari hasil pembagian antara beban sumbu dengan jumlah roda pada satu sumbu tersebut dikalikan dengan faktor keamanan beban. Faktor keamanan beban yang diambil yaitu 1,1 dengan penggunaan jalan bebas hambatan (*freeway*) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah. Hasil dari perhitungan beban rencana per roda dapat dilihat pada **Tabel 5.13** berikut.

Tabel 5.13 Perhitungan Beban Rencana per Roda Yang Digunakan

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Jumlah Roda	Faktor Keamanan Beban	Beban Rencana per Roda (kN)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$e=(b/c)xd$
STRT	60,7	2	1,1	33
STRG	117,8	4	1,1	32

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

5.3.9 Analisis Kerusakan Akibat Fatik Pada Pelat Beton

Untuk mencari analisis fatik, perlu dicari dahulu tegangan ekuivalen serta faktor ratio tegangan sesuai dengan kategori sumbu kendaraannya (STRT, STRG dan STDRG). Nilai tegangan ekuivalen dapat dilihat pada **Lampiran 1 dan 2**. Cara mencarinya dengan menggunakan tebal pelat yang telah ditentukan yaitu 220 mm serta CBR tanah efektif yang telah ditentukan juga yaitu 26 %. Apabila tidak didapat tegangan pada **Lampiran 1 dan 2** dengan CBR tanah efektif maka

digunakan interpolasi untuk mendapatkan tegangan ekuivalen tersebut. Hasil dari interpolasi dari tegangan yang didapat sebagai berikut.

Tabel 5.14 Perhitungan Interpolasi Tegangan Ekuivalen

CBR Efektif %	STRT	STRG
25	0,85	1,39
26	0,924	1,538
35	0,82	1,33

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

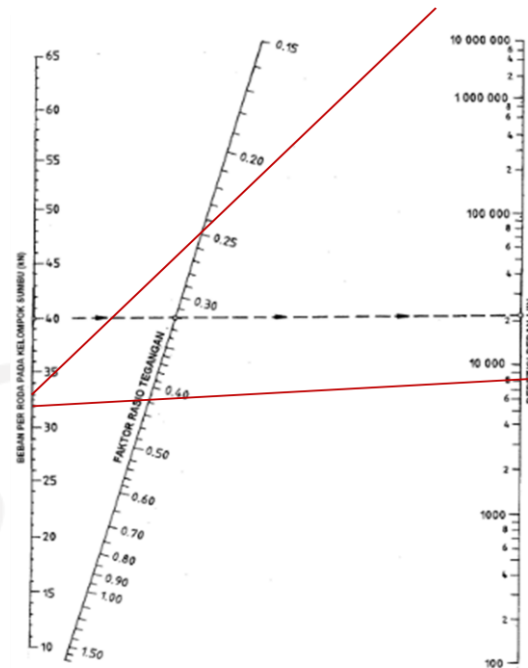
Kemudian untuk mendapatkan faktor ratio tegangan dengan **Persamaan 3.15** yaitu tegangan ekuivalen dibagi dengan kuat tarik lentur beton yaitu 3.75 MPa. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.15** berikut.

Tabel 5.15 Perhitungan Faktor Ratio Tegangan

Jenis Sumbu	Tegangan Ekuivalen	Fcf	Faktor Ratio Tegangan (FRT)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=b/c$
STRT	0,924	3,75	0,25
STRG	1,538		0,41

Sumber: Hasil Analisis (2018)

Selanjutnya akan dicari jumlah repitisi beban ijin sumbu yang diperbolehkan. Cara mencarinya yaitu dengan melihat pada Grafik Nomogram yang terdapat pada **Lampiran 3**. Analisis fatik dan beban repitisi ijin berdasarkan beban per roda pada kelompok sumbu (kN) dengan ratio tegangan dengan/tanpa bahu beton. Hasil grafik dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 19 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton

Gambar 5.9 Nomogram Analisis Fatik dan Beban Repetisi Kelompok STRT dan STRG

Apabila anak panah mengarah pada angka jauh diatas angka repetisi ijin maksimal maka jumlah repetisi beban ijin akibat fatik adalah tidak terbatas (TT). Setelah repetisi ijin telah didapatkan, maka dapat mencari persentase kerusakan rusak akibat fatik dengan menggunakan **Persamaan 3.16** yaitu repetisi sumbu yang terjadi dibagi dengan repetisi ijin dan dikali 100. Adapun rekap dari hasil gambar nomogram analisis fatik tersebut diatas dapat dilihat pada **Tabel 5.16** berikut.

Tabel 5.16 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik

Jenis Sumbu	Repetisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Fatik	
		Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0.00
STRG	9.412.559,67	TT	18825119,34
			18825119,34

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

5.3.10 Analisis Kerusakan Akibat Erosi pada Pondasi Bawah

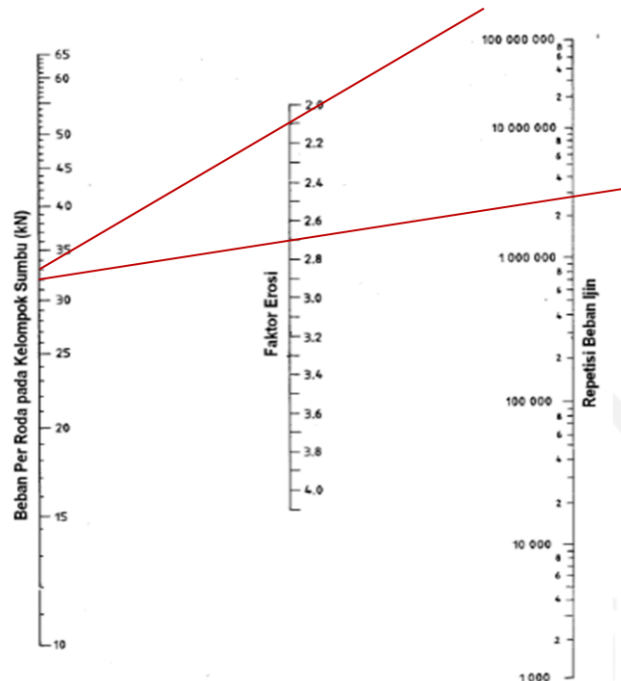
Analisis kerusakan erosi digunakan untuk mengetahui apakah tebal perkerasan tersebut bias digunakan atau tidak. Sama halnya dengan Analisis kerusakan fatik, terlebih dahulu harus mencari faktor erosi sesuai dengan kategori sumbu kendaraanya (STRT, STRG dan STdRG). Faktor erosi dapat diperoleh dari **Lampiran 1 dan 2**. Cara mencarinya dengan menggunakan tebal pelat yang telah ditentukan yaitu 220 mm serta CBR tanah efektif yang telah ditentukan yaitu 26%. Apabila tidak didapat tegangan pada dengan CBR tanah efektif maka digunakan interpolasi. Adapun dari hasil interpolasi tegangan faktor erosi dapat dilihat pada **Tabel 5.17** sebagai berikut.

Tabel 5.17 Perhitungan Interpolasi Faktor Erosi

CBR Efektif %	STRT	STRG
25	2,08	2,69
26	2,104	2,714
35	2,07	2,68

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Kemudian setelah faktor erosi telah didapat, maka selanjutnya perlu dicari repetisi beban ijin yang diperbolehkan. Grafik nomogram yang digunakan yaitu nomogram analisa erosi dan jumlah repetisi beban ijin berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton pada **Lampiran 4**. Hasil repetisi beban ijin dapat dilihat pada **Gambar 5.10** berikut.



Gambar 20 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban ijin, berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton

Gambar 5.10 Nomogram Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin STRT dan STRG

Apabila anak panah mengarah pada angka jauh diatas angka repiti ijin maksimal maka jumlah repetisi beban ijin akibat erosi adalah tidak terbatas (TT). Setelah repetisi ijin telah didapatkan, maka dapat mencari persentase kerusakan rusak akibat erosi dengan menggunakan **Persamaan 3.16** yaitu repetisi sumbu yang terjadi dibagi repetisi ijin dan dikalin dengan 100. Adapun rekap dari hasil Gambar nomogram analisis erosi tersebut diatas dapat dilihat **Tabel 5.18** berikut.

Tabel 5.18 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi

Jenis Sumbu	Repetisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Erosi	
		Repetisi Ijin	Persen Rusak
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0
STRG	9.412.559,67	2900000	325
			325

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari hasil menunjukkan bahwa persen rusak akibat fatik 18825119.34% dan erosi 325% yaitu diatas 100 % menunjukkan bahwa tebal 220 mm dan *CBR* efektif 26% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin >100%.

1. Trial 1 (Tebal 230 mm)

Dengan cara yang sama di atas, adapun rekap dari hasil gambar nomogram analisis fatik tersebut diatas dapat dilihat pada **Tabel 5.19** berikut.

Tabel 5.19 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 230 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Fatik	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0.00
STRG	9.412.559,67	25000	3765023.87
			3765023.87

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Sedangkan hasil rekap dari hasil Gambar nomogram analisis erosi tersebut diatas dapat dilihat pada **Tabel 5.20** berikut.

Tabel 5.20 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 230 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Erosi	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0
STRG	9.412.559,67	4100000	230
			230

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari hasil menunjukkan bahwa persen rusak akibat fatik 3765023.87% dan erosi 230% yaitu diatas 100 % menunjukkan bahwa tebal 230 mm dan *CBR* efektif 26% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin >100%.

2. Trial 2 (tebal 240 mm)

Dengan cara yang sama diatas, adapun rekap dari hasil gambar nomogram analisis fatik tersebut diatas dapat dilihat pada **Tabel 5.21** berikut.

Tabel 5.21 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 240 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Fatik	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>A</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0.00
STRG	9.412.559,67	60000	1568759,95
			1568759,95

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Hasil rekap dari hasil Gambar nomogram analisis erosi tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.22** berikut.

Tabel 5.22 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 240 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Erosi	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0
STRG	9.412.559,67	8500000	111
			111

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari hasil menunjukkan bahwa persen rusak akibat fatik 1568759,95% dan erosi 111% yaitu diatas 100 % menunjukkan bahwa tebal 240 mm dan CBR efektif 26% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin >100%.

3. Trial 3 (tebal 250 mm)

Dengan cara yang sama diatas, adapun rekap dari hasil gambar nomogram analisis fatik tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.23** berikut.

Tabel 5.23 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 250 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Fatik	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0.00
STRG	9.412.559,67	140000	672325,69
			672325,69

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Hasil rekap dari hasil Gambar nomogram analisis erosi tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.24** berikut.

Tabel 5.24 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 250 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Erosi	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0
STRG	9.412.559,67	10000000	94
			94

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari hasil menunjukkan bahwa persen rusak akibat fatik 672325,69% dan erosi 94%, dengan analisa fatik di atas 100 % menunjukkan bahwa tebal 250 mm dan CBR efektif 26% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin >100%.

4. Trial 4 (tebal 260 mm)

Dengan cara yang sama di atas, adapun rekap dari hasil gambar nomogram analisis fatik tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.25** berikut.

Tabel 5.25 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 260 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Fatik	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0,00
STRG	9.412.559,67	400000	235313,99
			235313,99

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Hasil rekap dari hasil Gambar nomogram analisis erosi tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.26** berikut.

Tabel 5.26 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 260 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Erosi	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0
STRG	9.412.559,67	15000000	63
			63

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari hasil menunjukkan bahwa persen rusak akibat fatik 235313,99% dan erosi 63%, dengan analisa fatik di atas 100 % menunjukkan bahwa tebal 260 mm dan CBR efektif 26% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin >100%.

5. Trial 5 (tebal 270 mm)

Dengan cara yang sama di atas, adapun rekap dari hasil gambar nomogram analisis fatik tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.27** berikut.

Tabel 5.27 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 270 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Fatik	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0,00
STRG	9.412.559,67	1800000	52292
			52292

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Hasil rekap dari hasil Gambar nomogram analisis erosi tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.28** berikut.

Tabel 5.28 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 270 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Erosi	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0
STRG	9.412.559,67	20000000	47
			47

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari hasil menunjukkan bahwa persen rusak akibat fatik 52292 % dan erosi 47%, dengan analisa fatik di atas 100 % menunjukkan bahwa tebal 270 mm dan CBR efektif 26% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin >100%.

6. Trial 6 (tebal 280 mm)

Dengan cara yang sama di atas, adapun rekap dari hasil gambar nomogram analisis fatik tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.29** berikut.

Tabel 5.29 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 280 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Fatik	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0,00
STRG	9.412.559,67	6000000	15687,6
			15687,6

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Hasil rekap dari hasil Gambar nomogram analisis erosi tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.30** berikut.

Tabel 5.30 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 280 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Erosi	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0
STRG	9.412.559,67	40000000	24
			24

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari hasil menunjukkan bahwa persen rusak akibat fatik 15687,6 % dan erosi 24 %, dengan analisa fatik di atas 100 % menunjukkan bahwa tebal 280 mm dan CBR efektif 26% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin >100%.

7. Trial 7 (tebal 290 mm)

Dengan cara yang sama di atas, adapun rekap dari hasil gambar nomogram analisis fatik tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.31** berikut.

Tabel 5.31 Perhitungan Persentasi Rusak Fatik (t = 290 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Fatik	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0,00
STRG	9.412.559,67	TT	0,00
			0,00

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Hasil rekap dari hasil Gambar nomogram analisis erosi tersebut di atas dapat dilihat pada **Tabel 5.32** berikut.

Tabel 5.32 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi (t = 290 mm)

Jenis Sumbu	Repitisi Sumbu Yang Terjadi	Analisa Erosi	
		Repitisi Ijin	Persen Rusak (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d=(b/c) \times 100$
STRT	9.412.559,67	TT	0
STRG	9.412.559,67	65000000	14,48
			14,48

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari hasil menunjukkan bahwa persen rusak akibat fatik 0,00 % dan erosi 14,48 %, dengan analisa fatik dan erosi <100 % menunjukkan bahwa tebal 290 mm dan *CBR* efektif 26% dapat digunakan sebagai tebal perkerasan kaku.

5.3.11 Perhitungan Kebutuhan Batang Pengikat dan Ruji/Dowel

Pada perencanaan perkerasan kaku ini, menggunakan perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT) dimaman hanya terdapat batang pengikat dan yang diletakkan pada sambungan memanjang dan ruji/dowel pada sambungan melintang.

Menurut Pd T-14-2003, mutu batang pengikat minimum BJTU-24 dengan diameter minimum 16 mm, adapun perhitungan panjang batang pengikat dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5.33 Perhitungan Panjang Batang Pengikat

Jarak Antar Sambungan	Kuat BJTU Minimum (MPa)	Diameter Minimum Ulir (mm)	Luas Penampang tulangan (mm ²) A_t	Panjang Batang Pengikat mm (I)
a	b	c	$d=204xaxh$	$e=(38.83xc)+75$
3 - 4 m	24	16	140,76	612,9

* h = tebal perkerasan

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Berdasarkan perhitungan pada **Tabel 5.18** maka panjang batang pengikat dibulatkan menjadi 700 mm serta jarak barang pengikat yaitu 75 cm menurut Pd T-14-2003.

Untuk ukuran dan jarak ruji/dowel, merujuk pada Pd T-14-2003 **Tabel 3.16** Dengan tebal perkerasan 290 dipilih diameter ruji polos sebesar 36 mm dengan panjang 45 cm dan jarak antar ruji 30 cm.

5.4 ANALISIS BIAYA

Analisis biaya yang dilakukan merujuk pada AHS 2017 dari Bina Marga. Semua perhitungan menggunakan hasil analisis perencanaan pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku dari penelitian ini. Analisis biaya yang dilakukan mengenai biaya konstruksi (*Initial Cost*) dan Biaya siklus hidup yang akan dijabarkan pada subbab berikut.

5.4.1 Biaya Tenaga, Bahan, dan Sewa Alat

Untuk menghitung biaya konstruksi dibutuhkan data berupa data harga baik dari harga tenaga, harga bahan, dan harga sewa alat. Harga disini merujuk pada harga 2017 di Kabupaten Klaten. Adapun harga-harga tersebut dapat dilihat pada **Lampiran 7 – Lampiran 9**.

5.4.2 Biaya Langsung (*Initial Cost*) Perkerasan Lentur

Dari data yang didapat dan telah direncanakan, hasil desain perkerasan lentur pada penelitian ini sebagai berikut.

Tabel 5.34 Hasil Perencanaan Perkerasan Lentur

No	Data Jalan	Keterangan
1	Panjang Ruas Jalan	4150 m
2	Lebar Jalan	6 m
3	Susunan Lapisan Perkerasan	Material Lapisan Perkerasan
	1. <i>Surface Course</i>	1. Laston MS 744 (t = 14 cm)
	2. <i>Base Course</i>	2. Batu Pecah Agregat Kelas 2 (t = 20 cm)
	3. <i>Subbase Course</i>	3. <i>Sirtu</i> Kelas B (t = 21 cm)
	4. <i>Sub grade</i>	4. <i>CBR</i> (11,2%)

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Dari data hasil perencanaan perkerasan lentur diatas, hal yang perlu dilakukan yaitu mencari volume pada pekerjaan - pekerjaan perkerasan lentur tersebut, kemudian biaya konstruksi dapat dicari kedalam divisi pekerjaan sesuai dengan pedoman analisis harga satuan pekerjaan bidang Bina Marga. Perhitungan biaya dilakukan dengan membuat analisis harga satuan pada setiap pekerjaan dengan memasukkan uraian – uraian setiap komponen pekerjaan yaitu tenaga kerja, bahan dan alat yang digunakan dan mempunyai koefisien pada setiap uraian pekerjaan tersebut, kemudian untuk mendapatkan harga persetiap uraian komponen tersebut dilakukan perkalian antara harga bahan perkomponen dikalikan dengan kuantitas dari koefisien pekerjaan tersebut dan hasil perkalian semua uraian komponen pekerjaan dijumlahkan. Berikut adalah AHSP pekerjaan Lapis Aus AC-WC.

Tabel 5.35 Analisa 1 ton Harga Satuan Pekerjaan Laston Lapis Aus (AC-WC)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A.	TENAGA				
1.	Pekerja	Jam	0.24	8,571.43	2,065.40
2.	Mandor	Jam	0.02	12,142.86	292.60
JUMLAH HARGA TENAGA					2,358.00
B.	BAHAN				
1.	Lolos screen2 ukuran (9,5 - 19,0)	M3	0.33	204,000.00	66,824.37
2.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	0.32	231,000.00	74,155.41
3	Semen	Kg	19.95	1,025.00	20,448.75
4	Aspal	Kg	59.74	7,700.00	459,998.00
JUMLAH HARGA BAHAN					621,426.53
C.	PERALATAN				
1.	Wheel Loader	Jam	0.01	381,983.83	4,487.05
2.	AMP	Jam	0.02	5,685,388.83	136,997.32

Lanjutan Tabel 5.35 Analisa 1 ton Harga Satuan Pekerjaan Laston Lapis Aus (AC-WC)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
3.	Genset	Jam	0.02	528,571.64	12,736.67
4.	Dump Truck	Jam	1.12	295,636.73	330,831.58
5.	Asp. Finisher	Jam	0.01	1,075,740.86	14,779.16
6.	Tandem Roller	Jam	0.01	326,615.37	4,417.12
7	P. Tyre Roller	Jam	0.01	358,927.63	2,082.66
8	Alat Bantu	Ls	1.00	-	-
JUMLAH HARGA PERALATAN					506,331.56
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				1,130,116.09
E.	OVERHEAD & PROFIT	10	% x D		113,011.61
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				1,243,127.70

Sumber: Hasil Analisis (2018)

Dari **Tabel 5.35** diatas, maka harga satuan pekerjaan Laston Lapis Aus (AC-WC) yaitu sebesar Rp 1,243,127.70 per ton dan nantinya akan dikalikan dengan volume pekerjaan. Begitu juga pada item – item divisi pekerjaan yang lain, dengan melakukan hal sama maka akan didapat analisis harga satuan setiap pekerjaan. Analisis harga satuan pekerjaan ini dapat dilihat pada **Lampiran 10 – Lampiran 15**.

Selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung volume dari setiap pekerjaan. Volume ini berguna untuk mengetahui banyaknya jumlah kuantitas yang harus kita persiapkan dalam item – item pekerjaan perkerasan lentur ini. Adapun volume pada pekerjaan perkerasan jalan lentur dapat dilihat pada **Tabel 5.36** berikut.

Tabel 5.36 Volume Pekerjaan Perkerasan Lentur

No	Item Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = c \times d \times e$	Unit
1	Galian	4.150,00	6,00	015	3.735,00	m3
2	Pondasi Subbase course Kls B	4.150,00	6,00	0,21	5.229,00	m3
3	Pondasi base course Kls A	4.150,00	6,00	0,20	4.980,00	m3
4	Surface Laston 744	4.150,00	6,00	0,14	3.486,00	m3
5	Penyiapan Badan Jalan	4.151,00	7,20		29.887,20	m2
No	Item Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Koe. (m)	Volume	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = c \times d \times e$	Unit
6	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	4.150,00	6,00	0,80	19.920,00	Liter

Sumber: Hasil Analisis (2018)

Maka total kuantitas dari seluruh pekerjaan perkerasan lentur ini dapat dilihat pada **Tabel 5.37** berikut.

Tabel 5.37 Perhitungan Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur

No.	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga-Harga (Rp.)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f = (d x e)</i>
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	LS	1.00	88,850,000.00	88,850,000.00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 1					88,850,000.00
DIVISI 2. DRAINASE					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 2					-
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1	Galian Biasa	M3	4482.00	50,781.54	227,602,862.28
3.2	Penyiapan Badan Jalan	M2	29887.20	588.78	17,597,134.07
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3					245,199,996.35
DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 4					-
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR					
5.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M3	4980.00	560,413.03	2,790,856,886.07
5.2	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	M3	5229.00	539,120.37	2,819,060,415.35
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5					5,609,917,301.42
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL					
6.1	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Liter	19920.00	10,464.02	208,443,281.89
6.2	Laston Lapis Aus (AC-WC)	Ton	8087.52	1,243,127.70	10,053,820,140.98
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6					10,262,263,422.86
DIVISI 7. STRUKTUR					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7					-
DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR					
8.1	Marka Jalan Termoplastik	M2	1328.00	157,668.86	209,384,247.81
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 8					209,384,247.81
DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 9					-
DIVISI 10. PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 10					-

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Rekapitulasi dari biaya konstruksi lentur ini dapat dilihat pada **Tabel 5.38** berikut.

Tabel 5.38 Rekapitulasi Biaya Perkerasan Lentur

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rp.)
1	Umum	88,850,000.00
2	Drainase	-
3	Pekerjaan Tanah	245,199,996.35
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	-
5	Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen	5,609,917,301.42
6	Perkerasan Aspal	10,262,263,422.86
7	Struktur	-
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	209,384,247.81
9	Pekerjaan Harian	-
10	Pekerjaan Pemeliharaan Rutin	-
(A) Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)		16,415,614,968.44
(B) Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)		1,641,561,496.84
(C) JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)		18,057,176,465.28

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Hasil perhitungan analisis biaya perkerasan jalan ini hanya memperhitungkan mobilisasi, pekerjaan tanah dan pekerjaan perkerasan saja, untuk divisi lain tidak diperhitungkan

5.4.3 Biaya Langsung (*Initial Cost*) Perkerasan Kaku

Dari data yang didapat dan telah rencanakan, hasil desain perkerasan kaku pada penelitian ini sebagai berikut.

Tabel 5.39 Hasil Perencanaan Perkerasan Kaku

No	Data Jalan	Keterangan
1	Panjang Ruas Jalan	4150 m
2	Lebar Jalan	6 m
3	Susunan Lapisan Perkerasan	Material Lapisan Perkerasan
	1. <i>Surface Course</i>	1. Beton Mutu 25 <i>fc'</i> (t = 29 cm)
	2. <i>Base Course</i>	2. Bahan Pengikat Beton Kuru (t=10 cm)
	3. <i>Sub grade</i>	3. <i>CBR</i> desain (11,2%), <i>CBR</i> Efektif (26%)

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Sama halnya dengan perhitungan biaya konstruksi perkerasan lentur di atas, analisa harga satuan pekerjaan terdapat pada **Lampiran 10 – Lampiran 15**.

Adapun perhitungan volume pada perkerasan kaku ini dapat dilihat pada **Tabel 5.40** berikut.

Tabel 5.40 Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku (struktur perkerasan)

No	Item Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Volume	
<i>a</i>	<i>B</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = c \times d \times e$	Unit
1	Galian (diluar perkerasan ka-ki ditambah 60 cm)	4.150,00	7,20	0,15	4.482,00	m3
2	Penyiapan Badan Jalan	4.151,00	7,20		29.887,20	m2
3	Pondasi beton kurus	4.150,00	7,20	0,10	2.988,00	m3
4	Tebal perkerasan kaku (25 MPa)	4.150,00	6,00	0,29	7.221,00	m3

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Tabel 5.41 Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku (batang pengikat)

No	Item Pekerjaan	Dia. (mm)	Panjang Batang Pengikat (m)	Jarak (m)	Panjang Perkerasan	Berat Batang Pengikat (kg/m')	Volume	
<i>a</i>	<i>B</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	$h = (f/e) \times d \times g$	Unit
1	Batang Pengikat	16	0,70	0,75	4.150,00	1,58	6.110,32	kg

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Tabel 5.42 Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku (ruji/dowel)

No	Item Pekerjaan	Dia. (mm)	Panjang Batang Pengikat (m)	Jarak (m)	Panjang Perkerasan	Panjang Sambungan Melintang	Berat Batang Pengikat (kg/m)	Volume	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	$g = (f/4 m) \times 6 m$	<i>h</i>	$i = (g/e) \times d \times g$	Unit
1	Ruji/Dowel	32	0,45	0,30	4.151,00	6.226,50	6,31	58.935,17	kg

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Maka total kuantitas dari seluruh pekerjaan perkerasan kaku ini dapat dilihat pada **Tabel 5.43** berikut.

Tabel 5.43 Perhitungan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku

No.	Uraian	Sat.	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga-Harga (Rp.)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f = (d x e)</i>
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	LS	1.00	88,850,000.00	88,850,000.00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 1					88,850,000.00
DIVISI 2. DRAINASE					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 2					-
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1	Galian Biasa	M3	4482.00	50,781.54	227,602,862.28
3.2	Penyiapan Badan Jalan	M2	29887.20	588.78	17,597,134.07
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3					245,199,996.35
DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 4					-
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR					
5.1	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	M3	2,988.00	771,563.63	2,305,432,130.43
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5					2,305,432,130.43
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6					-
DIVISI 7. STRUKTUR					
7.1	Beton mutu sedang fc'25 Mpa	M3	7221.00	1,763,093.95	12,731,301,397.11
7.2	Baja Tulangan U 24 Polos	Kg	65045.49	16,720.00	1,087,560,596.10
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7					13,818,861,993.21
DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR					
8.1	Marka Jalan Termoplastik	M2	1328.00	157,668.86	209,384,247.81
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 8					209,384,247.81
DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 9					-
DIVISI 10. PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 10					-

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Rekapitulasi dari biaya konstruksi lentur ini dapat dilihat pada **Tabel 5.44** berikut.

Tabel 5.44 Rekapitulasi Biaya Perkerasan Kaku

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rp.)
1	Umum	88,850,000.00
2	Drainase	-
3	Pekerjaan Tanah	245,199,996.35
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	-
5	Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen	2,305,432,130.43
6	Perkerasan Aspal	-
7	Struktur	13,818,861,993.21
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	209,384,247.81
9	Pekerjaan Harian	-
10	Pekerjaan Pemeliharaan Rutin	-
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)	16,667,728,367.80
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	1,666,772,836.78
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	18,334,501,204.58

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Sama dengan perhitungan biaya konstruksi perkerasan lentur, hasil perhitungan analisis biaya perkerasan jalan ini hanya memperhitungkan mobilisasi, pekerjaan tanah dan pekerjaan perkerasan saja, untuk divisi lain tidak diperhitungkan.

5.4.4 Biaya Langsung (*Initial Cost*) Perkerasan Lentur lebar 4,6 meter dengan pelebaran menggunakan Perkerasan Kaku lebar 1,4 m

Dari data yang didapat dan telah rencanakan, untuk perhitungan biaya langsung pada Perkerasan Lentur 4,6 m dengan pelebaran menggunakan perkerasan kaku 1,4 m, tebal perkerasan menggunakan tebal dari masing-masing perkerasan yang telah didesain. Adapun volumenya sebagai berikut.

Tabel 5.45 Volume Pekerjaan Perkerasan Lentur 4,6 m dengan pelebaran menggunakan perkerasan kaku 1,4 m (perkerasan lentur)

No	Item Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = \frac{c \cdot x \cdot d \cdot x}{e}$	Unit
1	Galian	4.150,00	4,60	0,15	2.863,50	m3
2	Pondasi Subbase course Kls B	4.150,00	4,60	0,21	4.008,90	m3
3	Pondasi base course Kls A	4.150,00	4,60	0,20	3.818,00	m3
4	Surface Laston 744	4.150,00	4,60	0,14	2.672,70	m3
5	Penyiapan Badan Jalan	4.151,00	4.60		19.094,60	m2

Lanjutan Tabel 5.45 Volume Pekerjaan Perkerasan Lentur 4,6 m dengan pelebaran menggunakan perkerasan kaku 1,4 m (perkerasan lentur)

No	Item Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Koe.	Volume	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = \frac{c \times d \times e}{e}$	Unit
6	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	4.150,00	4,60	0,80	15.272,00	Liter

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Tabel 5.46 Volume Pekerjaan Perkerasan Lentur 4,6 m dengan pelebaran menggunakan perkerasan kaku 1,4 m (struktur perkerasan kaku)

No	Item Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Volume	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = c \times d \times e$	Unit
1	Galian (diluar perkerasan ka-ki ditambah 60 cm)	4.150,00	2,60	0,15	1.618,50	m3
2	Penyiapan Badan Jalan	4.151,00	2,60		10.792,60	m2
3	Pondasi beton kurus	4.150,00	2,60	0,10	1.079,00	m3
4	Tebal perkerasan kaku (25 MPa)	4.150,00	1,40	0,29	1.684,90	m3

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Tabel 5.47 Volume Pekerjaan Perkerasan Lentur 4,6 m dengan pelebaran menggunakan perkerasan kaku 1,4 m (ruji/dowel)

No	Item Pekerjaan	Diameter (mm)	Panjang Batang Pengikat (m)	Jarak (m)	Panjang Perkerasan	Panjang Sambungan Melintang	Berat Batang Pengikat (kg/m)	Volume	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	$g = \frac{(f/4 \text{ m})}{x 6 \text{ m}}$	<i>h</i>	$i = \frac{(g/e) \times d \times g}{d \times g}$	Unit
1	Ruji/Dowel	32	0,45	0,30	4.151,00	1.452,85	6,31	13.751,54	kg

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Maka total kuantitas dari seluruh pekerjaan perkerasan kaku ini dapat dilihat pada **Tabel 5.48** berikut.

Tabel 5.48 Perhitungan Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur 4,6 m dengan pelebaran menggunakan perkerasan kaku 1,4 m

No.	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga-Harga (Rp.)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = (d \times e)$
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	LS	1	88,850,000.00	88,850,000.00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 1					88,850,000.00
DIVISI 2. DRAINASE					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 2					-
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1	Galian Biasa	M3	4482	50,781.54	227,602,862.28
3.2	Penyiapan Badan Jalan	M2	29887.20	588.78	17,597,134.07
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3					245,199,996.35
DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 4					-
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR					
5.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M3	3818	560,413.03	2,139,656,945.98
	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	M3	4008.9	539,120.37	2,161,279,651.77
	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	M3	1079	771,563.63	832,517,158.21
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5					5,133,453,755.97
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL					
6.1	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Liter	15272.00	10,464.02	159,806,516.11
6.2	Laston Lapis Aus (AC-WC)	Ton	6200.43	1,243,127.70	7,707,928,774.75
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6					7,867,735,290.86
DIVISI 7. STRUKTUR					
7.1	Beton mutu sedang fc'25 Mpa	M3	1684.90	1,763,093.95	2,970,636,992.66
7.2	Baja Tulangan U 24 Polos	Kg	13751.54	16,720.00	229,925,733.18
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7					3,200,562,725.84
DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR					
	Marka Jalan Termoplastik	M2	1328.00	157,668.86	209,384,247.81
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 8					209,384,247.81
DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 9					-
PEKERJAAN KHUSUS					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 10					-

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Rekapitulasi dari biaya konstruksi lentur ini dapat dilihat pada **Tabel 5.49** berikut.

Tabel 5.49 Rekapitulasi Biaya Perkerasan Lentur 4.6 m dengan pelebaran menggunakan perkerasan kaku 1.4 m

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rp.)
1	Umum	88,850,000.00
2	Drainase	-
3	Pekerjaan Tanah	245,199,996.35
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	-
5	Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen	5,133,453,755.97
6	Perkerasan Aspal	7,867,735,290.86
7	Struktur	3,200,562,725.84
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	209,384,247.81
9	Pekerjaan Harian	-
10	Pekerjaan Pemeliharaan Rutin	-
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)	16,745,186,016.82
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	1,674,518,601.68
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	18,419,704,618.50

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

5.4.5 Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

1. Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*) Perkerasan Kaku

Perhitungan biaya siklus hidup perlu direncanakan menggunakan sebuah strategi dan rehabilitasi dari perkerasan. Strategi desain ini dilakukan atas dasar pendekatan dan asumsi yang bahwa pada waktu tertentu akan dilakukan rehabilitasi. Performa layanan umur dari desain awal perkerasan dan aktifitas rehabilitasi adalah imbas dari hasil biaya siklus hidup. Penentuan informasi spesifikasi performa dari berbagai macam strategi perkerasan berawal dari manajemen analisis perkerasan dan data pengalaman.

Pada perkerasan kaku, penelitian ini melakukan pendekatan yang dikeluarkan oleh *PennDOT* desain strategi untuk perkerasan baru yang terdapat pada *Pavement Division Interm Technical Bulletin September, U.S Departement Of Transportation 1998*. Strategi dalam rehabilitasi dan perawatan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 5.5** berikut.

Tabel 5.50 *PennDOT's Design Strategy for New, Reconstructed, and Unbonded Overlay*

Year	Treatment
5	Clean and seal 25% of longitudinal joints. Clean and seal 5% of transverse joints. 0% for neoprene seals. Seal coat shoulders if Type 1 paved shoulders.
10	Same as year 5.
15	Clean and seal 25% of longitudinal joints. Clean and seal 10% of transverse joints, 5% for neoprene seals. Seal coat shoulders, if Type 1 paved shoulders.
20	Concrete patch 5% of pavement area Spall repair 1% of transverse joints (5 sf/joint). Slab stabilization: minimum 25% of transverse joint. Diamond grind 100% of pavement area. Clean and seal all longitudinal joints, including shoulders. Clean and seal all transverse joints, 7% for neoprene seals. Seal coat shoulders, if Type I paved shoulders. Maintenance and protection of traffic. User delay.
25	Clean and seal 25% of longitudinal joints. Clean and seal 10% of transverse joints, 10% for neoprene seals Seal coat shoulders, if Type I paved shoulders.
30	Concrete patch 2% of pavement area. Clean and seal all joints with fiber asphalt membrane. 60-#/sy leveling course. 3.5-in ID-2 or 4-in ID-3/ID-2 overlay. Saw and seal joints. Type 7 paved shoulders. Adjust all guide rail and drainage structures. Maintenance and protection of traffic. User delay.
35	Seal coat shoulders.
<p>Note: The CPR strategy slated for year 20 can be moved to year 15 at the District's discretion. However when doing this, the overlay at year 30 must be moved to year 25, and another overlay added at year 33.</p>	

Sumber: Pavement Division Interm Technical Bulletin September, U.S Departement Of Transportation, (1998)

Penelitian akan dilakukan melihat dari rancangan tersebut dengan terdapat beberapa modifikasi yang dari desain tersebut. Perawatan ini berfokus pada perawatan dan sambungan, beberapa tidak terlalu diperhatikan karena kondisi

peruntukkan jalan dan kondisi yang terdapat di Indonesia terkait perawatan dan perbaikan serta teknologi. Adapun strategi dan volume pada perkerasan lentur ini adalah sebagai berikut.

Tabel 5.51 Strategi Perawatan Perkerasan Kaku

Th	Treatment	Perbaikan (%)	Keterangan
5	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	25%	Sambungan Memanjang
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	5%	Sambungan Melintang
10	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	25%	Sambungan Memanjang
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	5%	Sambungan Melintang
15	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	25%	Sambungan Memanjang
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	10%	Sambungan Melintang
20	Pelapisan Lapisan Permukaan/crack/Pecahan Permukaan	5%	Dari Total Area Perkerasan
	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	100%	Sambungan Memanjang
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	100%	Sambungan Melintang
25	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	25%	Sambungan Memanjang
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	10%	Sambungan Melintang
30	Pelapisan Lapisan Permukaan/crack/Pecahan Permukaan	5%	Total Area Perkerasan
	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	100%	Sambungan Memanjang
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	100%	Dari Total Area Perkerasan
35	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	25%	Sambungan Memanjang
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	10%	Sambungan Melintang

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Tabel 5.52 Volume Perawatan Perkerasan Kaku

Th.	Treatment	Volume	Unit
5	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	1,037.50	m
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	311.33	m
10	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	1,037.50	m
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	311.33	m
15	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	1,037.50	m
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	622.65	m
20	Pelapisan Lapisan Permukaan/crack/Pecahan Permukaan	286.35	m ³
	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	4,150.00	m
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	6,226.50	m
25	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	1,037.50	m
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	622.65	m

Lanjutan Tabel 5.52 Volume Perawatan Perkerasan Kaku

Th.	Treatment	Volume	Unit
	Pelapisan Lapisan Permukaan/crack/Pecahan Permukaan	286.35	m ³
	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	4,150.00	m
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	6,226.50	m
35	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	1,037.50	m
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	622.65	m

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Seperti yang dilihat pada **Tabel 5.52**, volume ditentukan dari panjangnya jalan serta panjang sambungan memanjang dan sambungan melintang yang proporsinya telah dialokasikan dengan asumsi dan pendekatan pada strategi yang dilakukan *PennDOT*. Kemudian perhitungan untuk total harga, yaitu dengan mencari nilai *future* –nya. Penggunaan *future worth* menggunakan tingkat inflasi yaitu sebesar 3.58 %. Maka biaya siklus hidup yaitu penjumlahan dari biaya siklus hidup dan biaya konstruksi awal (*initial cost*). Contoh dari perhitungannya sebagai berikut.

- Tahun ke-5

diketahui harga sealent yaitu Rp. 50,426.46 m', kemudian dikalikan dengan volume 1,037.50 maka total pekerjaan Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang Rp. 52,317,448.33, maka:

$$\begin{aligned}
 F &= P (1+i)^n \\
 &= 52,317,448.33 (1+3.58\%)^5 \\
 &= \text{Rp. } 62,362,176.48
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi dari biaya rehabilitasi dan perawatan tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 5.53 Biaya Rehabilitasi dan Perawatan Perkerasan Kaku

Th	Treatment	Total Biaya Rehabilitasi (Rp)	Future Value (Rp)
5	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	52,317,448.33	62,362,176.48
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	15,699,016.48	18,713,161.05
10	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	52,317,448.33	74,335,449.82
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	15,699,016.48	22,306,008.59

Lanjutan Tabel 5.53 Biaya Rehabilitasi dan Perawatan Perkerasan Kaku

Th	Treatment	Total Biaya Rehabilitasi (Rp)	Future Value (Rp)
15	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	52,317,448.33	88,607,540.85
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	31,398,032.97	53,177,335.24
20	Pelapisan Lapisan Permukaan/crack/Pecahan Permukaan	490,576,080.88	990,387,633.33
	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	209,269,793.33	422,479,251.28
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	313,980,329.68	633,871,580.27
25	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	52,317,448.33	125,898,368.84
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	31,398,032.97	75,557,223.48
30	Pelapisan Lapisan Permukaan/crack/Pecahan Permukaan	490,576,080.88	1,407,196,118.45
	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	209,269,793.33	600,281,286.36
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	313,980,329.68	900,638,898.67
35	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	52,317,448.33	178,883,186.73
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	31,398,032.97	107,355,774.67
Total			5,762,050,994.11

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Total biaya rehabilitasi dan perawatan tersebut adalah Rp. 5,764,050,994.11. Jadi biaya siklus hidupnya yaitu Rp. 5,764,050,994.11

2. Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*) Perkerasan Lentur

Sama halnya dengan perhitungan biaya siklus hidup perkerasan kaku di atas, pada perkerasan lentur, penelitian ini melakukan pendekatan yang dikeluarkan oleh *Pavement Maintenance Effectiveness Preventative Maintenance Treatments, U.S Departement Of Transportation 1996*. Adapun dalam pendekatannya yaitu menggunakan beberapa survei dari 60 jalan yang diteliti, dan menghasilkan kerusakan fekuensi yang terbanyak dan terjadi. Adapun hasil observasi tersebut dapat dilihat pada **Tabel 5.54** berikut.

Tabel 5.54 *Observation of Preventative Maintenance Performance*

<i>Treatment</i>	<i>Pavement age at time of first application (yr.)</i>	<i>Frequency of application (yr.)</i>	<i>Observed increase in pavement life (yr.)</i>
<i>Crack Filling</i>	5 to 6	2 to 4	2 to 4
<i>Single chip seal</i>	7 to 8	5 to 6	5 to 6
<i>Multiple chip seal</i>	7 to 8	5 to 6	5 to 6
<i>Slurry seal</i>	5 to 10	5 to 6	5 to 6
<i>Micro-surfacing</i>	9 to 10	5 to 6	5 to 6
<i>Thin hot-mix overlay</i>	9 to 10	9 to 10	7 to 8

Sumber: Pavement Maintenance Effectiveness Preventative Maintenance Treatments, U.S Departement Of Transportation, (1996)

Didalam *Pavement Maintenance Effectiveness Preventative Maintenance Treatments, U.S Departement Of Transportation, 1996* juga melakukan beberapa alternatif *cost – effectiveness ratio* dari rehabilitasi dan perawatan dengan interval waktu yang berbeda. Manual itu mengatakan juga bahwa menempatkan perawatan pada frekuensi 5 hingga 10 tahun adalah empat hingga lima lebih kali lebih hemat biaya dari pada merekonstruksi perkerasan. Adapun perkiraan tahun dan *ratio cost – effectiveness* sebagai berikut.

Tabel 5.55 *Relative Costs Used for Example Analysis*

<i>Pavement age when treatment is placed</i>	<i>Relative cost for placing each treatment</i>	<i>Total relative cost to maintain</i>
4, 7, 10, 13, 16, 19	0.75	4.50
5, 9, 13, 17	0.85	3.40
6, 11, 16	0.95	2.85
7, 13, 19	1.10	3.30
8, 15	1.20	2.40
9, 17	1.50	3.00
10, 19	2.00	4.00
11	1.50	2.50
13	3.00	3.00
15	5.00	5.00
17	7.00	7.00
19	12.00	12.00

Sumber: Pavement Maintenance Effectiveness Preventative Maintenance Treatments, U.S Departement Of Transportation, (1996)

Pada contoh di atas, *cost – effectiveness* dari *preventative maintenance program* 3-6 kali lebih baik dari pada *cost - effectiveness* rekonstruksi. Penelitian akan dilakukan melihat dari rancangan tersebut dengan terdapat beberapa modifikasi yang dari desain tersebut. Adapun strategi dan volume pada perkerasan lentur ini adalah sebagai berikut.

Tebal 5.56 Strategi Perawatan Perkerasan Lentur

Tahun	Treatment	Perbaikan (%)	Keterangan
2	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
3	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek
4	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	5%	Total Area Proyek
7	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	5%	Total Area Proyek
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	100%	Total Area Proyek
10	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
12	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek
13	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	5%	Total Area Proyek
16	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	5%	Total Area Proyek
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	100%	Total Area Proyek
19	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
20	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek
22	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	10%	Total Area Proyek
25	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	10%	Total Area Proyek
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	100%	Total Area Proyek
28	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
30	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek
31	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	10%	Total Area Proyek
34	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	10%	Total Area Proyek
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	100%	Total Area Proyek
37	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
38	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Tabel 5.57 Volume Perawatan Perkerasan Lentur

Tahun	Treatment	Volume	Unit
2	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
3	<i>Single Chip Seal</i>	866.52	ton
4	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	375.492	ton
7	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	375.492	ton
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	2310.72	ton
10	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
12	<i>Single Chip Seal</i>	866.52	ton
13	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	375.492	ton
16	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	375.492	ton
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	2310.72	ton
19	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
20	<i>Single Chip Seal</i>	866.52	ton
22	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	750.984	ton
25	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	750.984	ton
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	2310.72	ton
28	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
30	<i>Single Chip Seal</i>	866.52	ton
31	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	750.984	ton
34	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	750.984	ton
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	2310.72	ton
37	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
38	<i>Single Chip Seal</i>	866.52	ton

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Sama halnya dengan perhitungan pada perkerasan kaku, perhitungan untuk total harga, yaitu dengan mencari nilai *future* -nya ., Penggunaan *future worth* menggunakan tingkat inflasi yaitu sebesar 3.58%. Adapun rekapitulasi dari biaya rehabilitasi dan perawatan tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 5.58 Biaya Rehabilitasi dan Perawatan Perkerasan Lentur

Th	Treatment	Biaya Rehabilitasi (Rp)	Future Value (Rp)
2	Crack Filling	10,089,853.17	10,824,173.13
3	Single Chip Seal	1,077,195,015.10	1,196,903,565.97
4	Crack Filling	10,089,853.17	11,611,935.48
	Patching Pavement	466,784,506.55	537,200,243.00
7	Crack Filling	10,089,853.17	12,902,368.45
	Patching Pavement	466,784,506.55	596,899,240.59
	Thin hot mix - Overlay 4 cm	2,872,520,040.28	3,673,226,095.92
10	Crack Filling	10,089,853.17	14,336,207.09
12	Single Chip Seal	1,077,195,015.10	1,641,926,221.63
13	Crack Filling	10,089,853.17	15,929,388.04
	Patching Pavement	466,784,506.55	736,937,536.42
16	Crack Filling	10,089,853.17	17,699,618.99
	Patching Pavement	466,784,506.55	818,833,315.11
	Thin hot mix - Overlay 4 cm	2,872,520,040.28	5,038,974,246.86
19	Crack Filling	10,089,853.17	19,666,575.49
20	Single Chip Seal	1,077,195,015.10	2,174,669,053.84
22	Crack Filling	10,089,853.17	21,852,119.63
	Patching Pavement	933,569,013.09	2,021,878,953.61
25	Crack Filling	10,089,853.17	24,280,543.03
	Patching Pavement	933,569,013.09	2,246,570,115.52
	Thin hot mix - Overlay 4 cm	2,872,520,040.28	6,912,523,432.38
28	Crack Filling	10,089,853.17	26,978,836.82
30	Single Chip Seal	1,077,195,015.10	3,089,886,978.07
31	Crack Filling	10,089,853.17	29,976,991.67
	Patching Pavement	933,569,013.09	2,773,637,045.86
34	Crack Filling	10,089,853.17	33,308,331.10
	Patching Pavement	933,569,013.09	3,081,870,993.04
	Thin hot mix - Overlay 4 cm	2,872,520,040.28	9,482,679,978.58
37	Crack Filling	10,089,853.17	37,009,881.88
38	Single Chip Seal	1,077,195,015.10	4,092,438,200.05
Total			50,393,432,187.26

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Total biaya rehabilitasi dan perawatan tersebut adalah Rp. 50,393,432,187.26. Jadi biaya siklus hidupnya yaitu Rp. 50,393,432,187.26.

3. Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*) Perkerasan Lentur lebar 4,6 meter dengan peningkatan pelebaran menggunakan perkerasan kaku lebar 1,4 meter

Pada perhitungan dengan mixing perkerasan ini yaitu Perkerasan Lentur 4,6 meter dengan peningkatan pelebaran menggunakan perkerasan kaku lebar 1,4 meter mengambil strategi dari **Tabel 5.51**, **Tabel 5.54** Dan **Tabel 5.55** dengan harga satuan yang sama. Adapun perbedaan terdapat pada volume perkerasannya yang keseluruhannya tidak menggunakan satu perkerasan saja. Adapun strategi dan volume pada perpaduan perkerasan ini adalah sebagai berikut.

Tabel 5.59 Strategi Perawatan Perkerasan Lentur lebar 4,6 meter dengan peningkatan pelebaran menggunakan perkerasan kaku lebar 1,4 meter

Th	Treatment	Perbaikan (%)	Keterangan
2	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
3	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek
4	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	5%	Total Area Proyek
7	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	5%	Total Area Proyek
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	100%	Total Area Proyek
10	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
12	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek
13	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	5%	Total Area Proyek
16	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	5%	Total Area Proyek
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	100%	Total Area Proyek
19	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
20	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek
22	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	10%	Total Area Proyek

Lanjutan Tabel 5.59 Strategi Perawatan Perkerasan Lentur lebar 4,6 meter dengan peningkatan pelebaran menggunakan perkerasan kaku lebar 1,4 meter

Th	Treatment	Perbaikan (%)	Keterangan
	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	25%	Sambungan Memanjang
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	10%	Sambungan Melintang
	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	10%	Total Area Proyek
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	100%	Total Area Proyek
28	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
30	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek
31	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	10%	Total Area Proyek
34	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
	<i>Patching Pavement</i>	10%	Total Area Proyek
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	100%	Total Area Proyek
37	<i>Crack Filling</i>	25%	Total Area Proyek
38	<i>Single Chip Seal</i>	100%	Total Area Proyek

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Tabel 5.60 Volume Perawatan Perkerasan Lentur lebar 4,6 meter dengan peningkatan pelebaran menggunakan perkerasan kaku lebar 1,4 meter

Tahun	Treatment	Volume	Unit
2	<i>Crack Filling</i>	715.875	Liter
3	<i>Single Chip Seal</i>	664.332	Ton
4	<i>Crack Filling</i>	715.875	Liter
	<i>Patching Pavement</i>	310.0216	Ton
7	<i>Crack Filling</i>	715.875	Liter
	<i>Patching Pavement</i>	310.0216	Ton
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	1771.552	Ton
10	<i>Crack Filling</i>	715.875	Liter
12	<i>Single Chip Seal</i>	664.332	Ton
13	<i>Crack Filling</i>	715.875	Liter
	<i>Patching Pavement</i>	310.0216	Ton
16	<i>Crack Filling</i>	715.875	Liter
	<i>Patching Pavement</i>	310.0216	Ton
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	1771.552	Ton
19	<i>Crack Filling</i>	715.875	Liter
20	<i>Single Chip Seal</i>	664.332	Ton

Lanjutan Tabel 5.60 Volume Perawatan Perkerasan Lentur lebar 4,6 meter dengan peningkatan pelebaran menggunakan perkerasan kaku lebar 1,4 meter

Tahun	Treatment	Volume	Unit
22	<i>Crack Filling</i>	715.875	Liter
	<i>Patching Pavement</i>	620.0432	Ton
25	Pembersihan dan Penyegelan Sambungan Memanjang	2075	m
	Pembersihan dan penyegelan Sambungan Melintang	145.29	m
	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	750.984	ton
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	2310.72	ton
28	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
30	<i>Single Chip Seal</i>	866.52	ton
31	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	750.984	ton
34	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
	<i>Patching Pavement</i>	750.984	ton
	<i>Thin hot mix - Overlay 4 cm</i>	2310.72	ton
37	<i>Crack Filling</i>	933.75	liter
38	<i>Single Chip Seal</i>	866.52	ton

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Pada strategi disini, konstruksi pelebaran perkerasan kaku dilakukan pada tahun ke 20 dengan rehabilitasi dan perawatan tahun ke 25. Rekapitulasi dari biaya rehabilitasi dan perawatan tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 5.61 Biaya Rehabilitasi dan Perawatan Perkerasan Perkerasan Lentur lebar 4,6 meter dengan peningkatan pelebaran menggunakan perkerasan kaku lebar 1,4 meter

Tahun	Treatment	Biaya Rehabilitasi (Rp)	Future Value (Rp)
2	Crack Filling	7,735,554.09	8,298,532.73
3	Single Chip Seal	825,849,511.58	917,626,067.24
4	Crack Filling	7,735,554.09	8,902,483.87
	Patching Pavement	385,396,438.74	385,396,438.74
7	Crack Filling	7,735,554.09	9,891,815.81
	Patching Pavement	385,396,438.74	385,396,438.74
	Thin hot mix - Overlay 4 cm	2,202,265,364.21	2,202,265,364.21
10	Crack Filling	7,735,554.09	10,991,092.10
12	Single Chip Seal	825,849,511.58	1,258,810,103.25

Lanjutan Tabel 5.61 Biaya Rehabilitasi dan Perawatan Perkerasan Perkerasan Lentur lebar 4,6 meter dengan peningkatan pelebaran menggunakan perkerasan kaku lebar 1,4 meter

Tahun	Treatment	Biaya Rehabilitasi (Rp)	Future Value (Rp)
13	Crack Filling	7,735,554.09	12,212,530.83
	Patching Pavement	385,396,438.74	608,445,863.41
16	Crack Filling	7,735,554.09	13,569,707.89
	Patching Pavement	385,396,438.74	676,062,378.12
	Thin hot mix - Overlay 4 cm	2,202,265,364.21	3,863,213,589.26
19	Crack Filling	7,735,554.09	15,077,707.88
20	Single Chip Seal	825,849,511.58	1,667,246,274.61
22	Crack Filling	7,735,554.09	16,753,291.72
	Patching Pavement	770,792,877.47	1,669,346,212.98
25	Pembersihan dan Penyegehan Sambungan Memanjang	104,634,896.67	251,796,737.68
	Pembersihan dan penyegehan Sambungan Melintang	7,326,207.69	17,630,018.81
	Crack Filling	10,089,853.17	24,280,543.03
	Patching Pavement	933,569,013.09	2,246,570,115.52
	Thin hot mix - Overlay 4 cm	2,872,520,040.28	6,912,523,432.38
28	Crack Filling	10,089,853.17	26,978,836.82
30	Single Chip Seal	1,077,195,015.10	3,089,886,978.07
31	Crack Filling	10,089,853.17	29,976,991.67
	Patching Pavement	933,569,013.09	2,773,637,045.86
34	Crack Filling	10,089,853.17	33,308,331.10
	Patching Pavement	933,569,013.09	3,081,870,993.04
	Thin hot mix - Overlay 4 cm	2,872,520,040.28	9,482,679,978.58
37	Crack Filling	10,089,853.17	37,009,881.88
38	Single Chip Seal	1,077,195,015.10	4,092,438,200.05
Total			45,830,093,977.88

Sumber: Hasil Analisis, (2018)

Total biaya rehabilitasi dan perawatan tersebut adalah Rp. 45,830,093,977.88, Jadi biaya siklus hidupnya yaitu Rp 45,830,093,977.88,

5.5 PEMBAHASAN

Pembahasan yang akan dilakukan meliputi pada perencanaan tebal perkerasan, biaya konstruksi, biaya siklus hidup dan pemilihan alternatif yang tepat.

5.5.1 Perencanaan Tebal Perkerasan

Dari data yang didapat, kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan tebal perkerasan baik perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Perhitungan perencanaan kaku menggunakan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 Bina Marga dan Pd-T-14-2003 perkerasan jalan beton semen untuk perhitungan perkerasan kaku.

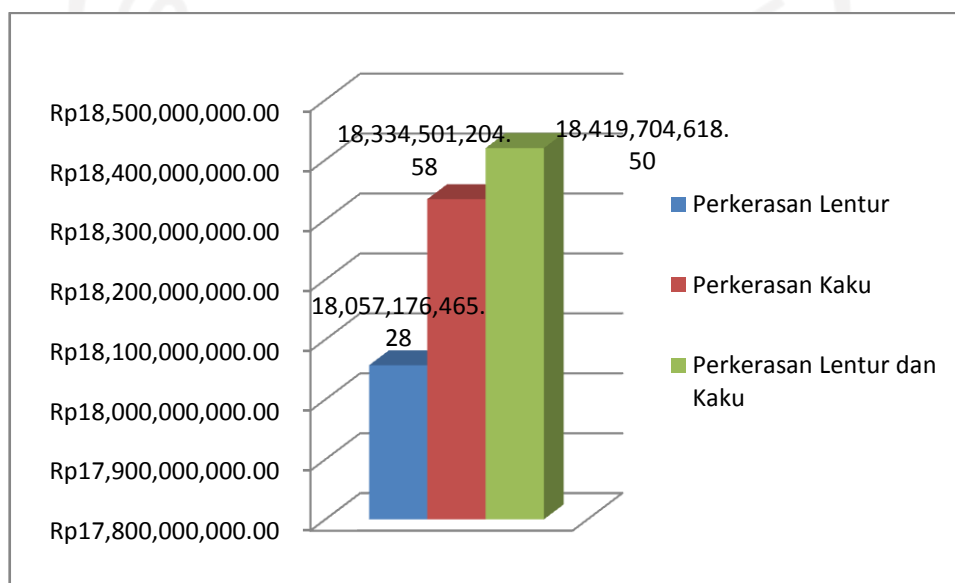
Perhitungan perkerasan ini menggunakan *CBR* sama yang didapat dari Bina Marga, untuk desain umur perkerasan terdapat perbedaan tetapi pada rehabilitasi dan perbaikan sama. Pada manual perkerasan jalan 2017 menerangkan bahwa perkerasan lentur umur layanan 20 tahun menggunakan dengan elemen perkerasan lapisan aspal dan lapisan berbutir 20 tahun dan perkerasan kaku dengan elemen perkerasan lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan, umur layanan 40 tahun.

Pada perhitungan perkerasan lentur telah didapat tebal perkerasan yaitu lapis permukaan (*surface course*) 14 cm menggunakan *AC-WC* (*asphalt concrete wearing course*), lapis pondasi atas (*base course*) 20 cm menggunakan agregat kelas A dan untuk pondasi bawah (*subbase course*) 21 cm menggunakan agregat kelas B. Pada perkerasan kaku didapat tebal perkerasan yaitu 29 cm untuk tebal pelat beton dengan kekuatan 25 MPa, dan pondasi 10 cm untuk lapis pondasi menggunakan lapis beton kurus.

5.5.2 Biaya Konstruksi dan Biaya Siklus Hidup

Didalam AHSP Bina Marga, analisa harga satuan dilakukan dengan spesifikasi umum yang terdiri dari sepuluh divisi – divisi umum pekerjaan. Didalam divisi terdapat item – item pekerjaan. Item pekerjaan telah menjadi suatu harga satuan pekerjaan dari item pekerjaan itu dengan didalamnya terdapat elemen tenaga kerja, bahan (material), dan peralatan.

Terdapat tiga skema perkerasan, yaitu perkerasan lentur keseluruhan, perkerasan kaku keseluruhan masing - masing dengan lebar 6 meter dan terakhir perkerasan lentur dengan lebar 4,6 meter, dilakukan pelebaran jalan lebar 1,4 meter menggunakan perkerasan kaku. Perhitungan biaya konstruksinya hanya terfokus pada biaya lapis - lapis perkerasan saja. Adapun total biaya konstruksi pada perkerasan lentur sebesar Rp. 18,057,176,465.28, biaya perkerasan kaku sebesar Rp. 18,334,501,204.58, dan perkerasan lentur dengan pelebaran perkerasan kaku sebesar Rp. 18,419,704,618.50, dapat dilihat pada **Gambar 5.1** di bawah.

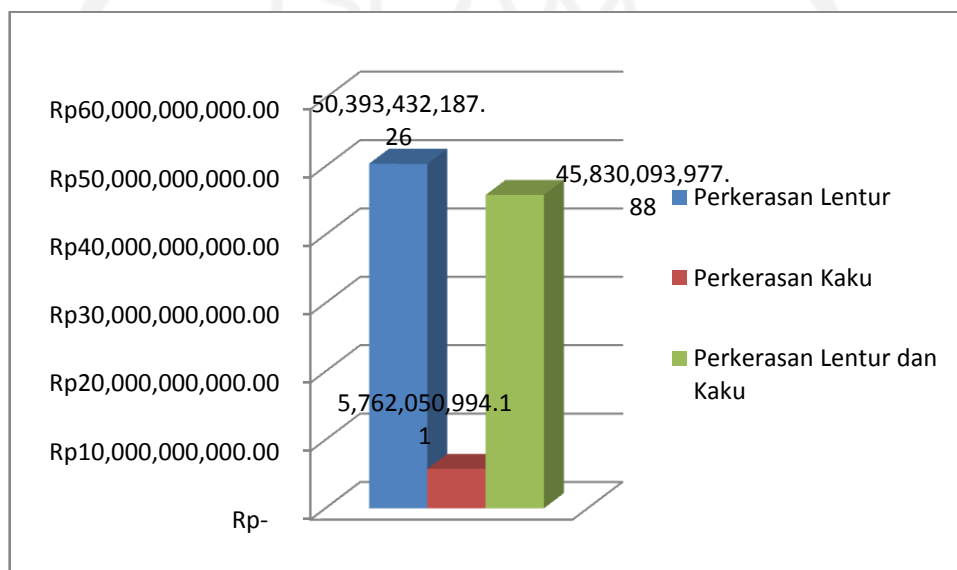


Gambar 5.11 Diagram Biaya Konstruksi Perkerasan

Sementara itu pada biaya siklus hidup, upaya rehabilitasi dan perawatan didalam masing – masing perkerasan sangat berbeda. Penggunaan acuan didalam rehabilitasi dan perawatan pada perkerasan kaku menggunakan pendekatan yang *PennDOT's Design Strategy for New, Reconstructed, and Unbonded Overlay* pada *Pavement Division Interm Technical Bulletin September, U.S Departement Of Transportation, 1998 Tabel 5.50* . Tetapi pada penelitian ini terdapat beberapa modifikasi terkait peruntukkan dan kondisi di Indonesia yang ditampilkan pada **Tabel 5.51** Sedangkan pada perkerasan lentur menggunakan pendekatan rehabilitasi dan perawatan dari *Pavement Maintenance Effectiveness Preventative Maintenance Treatments, U.S Departement Of Transportation, 1996*, sama halnya perkerasan kaku pendekatan ini dilakukan dengan beberapa modifikasi yang dapat

dilihat pada **Tabel 5.56** Adapun untuk skema perkerasan campuran merujuk kepada rehabilitasi dan perawatan yang telah dimodifikasi.

Dari hasil perhitungan biaya siklus hidup, maka diperoleh total hasil pada perkerasan lentur sebesar Rp. 50,393,432,187.26. perkerasan kaku sebesar Rp. 5,762,050,994.11 dan dan perkerasan lentur dengan pelebaran perkerasan kaku sebesar Rp. 45,830,093,977.88. Perhitungan biaya siklus hidup tersebut dengan mencari nilai *future* -nya. Penggunaan *future worth* menggunakan tingkat inflasi yaitu sebesar 3.58%. dan dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 5.12 Diagram Biaya Siklus Hidup Perkerasan

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa biaya konstruksi awal perkerasan lentur lebih murah dibandingkan dengan biaya konstruksi awal perkerasan kaku dan biaya konstruksi awal perpenduan perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Tetapi untuk biaya rehabilitasi dan perawatan perkerasan kaku jauh lebih murah dibandingkan perkerasan lentur dan perpenduan perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Untuk biaya siklus hidup, penjumlahan antara biaya konstruksi awal dan biaya rehabilitasi dan perawatan, perkerasan kaku yang lebih murah.

Di satu sisi, perkerasan yang menggunakan perkerasan lentur dan dilakukan pelebaran dengan perkerasan kaku terkesan tidak matang nya sebuah perencanaan, ataupun memang telah dirancang sedemikian rupa dikarenakan proses kontruksi bertahap. Tetapi untuk jalan klasifikasi kolektor rural 2 lajur dan 2 arah ini

menjadi suatu pilihan yang layak dipertimbangkan ketika dilakukannya peningkatan ruas jalan. Pelebaran dengan perkerasan kaku ini bisa dilakukan dengan bahu jalan atau pun tanpa bahu jalan dilihat dari kondisi yang ada apabila memungkinkan, sebab bahu jalan yang direkomendasikan oleh Pd-T14-2003 menyatakan bahwa lebar bahu jalan dengan bahu beton minimal 1,5 meter yang dikunci dan diikat dengan lajur lalu lintas, dan apabila menyatu dengan lajur lalu lintas selebar 0,6 meter dan dapat mencakup saluran dan kerib. Dengan lebar eksisting 4,6 meter dengan pelebaran menjadi 6 meter, penambahan perkerasan kaku ini dapat juga digunakan sebagai pengunci untuk meningkatkan kinerja perkerasan lentur yang berada ditengahnya.

Selain itu, penggunaan perkerasan apa yang akan digunakan tentu akan dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan yang mempengaruhinya seperti daya dukung tanah di daerah tersebut ataupun jenis kendaraan apa saja yang melintasi ruas jalan tersebut. Bisa saja pada jalan yang banyak dilalui oleh kendaraan berat seperti golongan 7 dan golongan 8, maka dalam perencanaan kemungkinan besar akan memakai perkerasan kaku yang memiliki sifat lebih getas dan dapat menahan beban berat. Tetapi untuk kendaraan ringan dan intensitas volume kendarannya yang tinggi, perencana dapat memilih perkerasan lentur yang memiliki sifat tidak getas (lentur) dan dapat dibebani berulang-ulang.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Tebal perkerasan lentur pada ruas jalan Ngaran-Telukun, Kabupaten Klaten dengan Metode Analisa Koponen SKBI 1987, dengan umur rencana 20 tahun didapatkan tebal perkerasan yaitu lapis permukaan (*surface course*) 14 cm menggunakan AC-WC (*asphalt concrete wearing course*), lapis pondasi atas (*base course*) 20 cm menggunakan agregat kelas A dan untuk pondasi bawah (*subbase course*) 21 cm menggunakan agregat kelas B. Pada perkerasan kaku perhitungan menggunakan Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd-T-14-2003 dengan umur rencana 40 tahun didapat tebal perkerasan yaitu 29 cm untuk tebal pelat beton dengan kekuatan 25 MPa, dan pondasi 10 cm untuk lapis pondasi menggunakan lapis beton kurus.
2. Berdasarkan hasil perhitungan biaya konstruksi awal menggunakan AHS 2017 Kabupaten Klaten. Untuk perkerasan lentur dengan biaya awal konstruksi sebesar Rp. 18,057,176,465.28, biaya perkerasan kaku sebesar Rp. 18,334,501,204.58, dan perkerasan lentur dengan pelebaran perkerasan kaku sebesar Rp. 18,419,704,618.50. Sedangkan biaya rehabilitasi dan perawatan, hasil analisis perhitungan menunjukkan bahwa biaya rehabilitasi dan perawatan untuk perkerasan lentur sebesar Rp. 50,393,432,187.26, untuk perkerasan kaku sebesar Rp. 5,762,050,994.11, dan untuk perkerasan lentur dengan pelebaran perkerasan kaku sebesar Rp. 45,830,093,977.88.
3. Hasil analisis perhitungan biaya konstruksi awal dan biaya siklus hidup pada masing-masing perkerasan, usulan alternatif yang direkomendasikan yaitu pada perkerasan kaku dikarenakan walaupun perkerasan kaku mempunyai biaya awal konstruksi yang tinggi, tetapi didalam biaya perawatan dan rehabilitasinya mempunyai biaya yang lebih kecil dibandingkan dengan perkerasan lentur ataupun perkerasan lentur dengan pelebaran perkerasan kaku, mengingat perbandingan waktu yang jauh antara waktu biaya konstruksi

awal dimulai pada pelaksanaan pembangunan sampai dengan digunakan beberapa tahun dan waktu perawatan rehabilitasi mulai dapat digunakan sampai pada masa umur layanan yang menjadi perhatian lebih didalam pemilihan perkerasan jenis apa yang akan dipakai.

6.2 SARAN

Dari hasil penelitan kesimpulan-kesimpulan diatas, saran yang dapat disampaikan adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan Metode Bina Marga terbaru Manual Perkerasan Jalan tahun 2017.
2. Perlu adanya desain perkerasan lalu lintas dengan meninjau drainase yaitu bangunan pelengkap dan bahu jalan terhadap masing masing perkerasan. Dikarenakan pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku terdapat perbedaan metode yang digunakan dalam perencanaan dan sangat berpengaruh pada tingkat umur rencana dan masa umur layanan yang direncanakan.
3. Desain biaya siklus hidup yang termasuk unsur fungsional seperti mencari data kerusakan pada biaya siklus hidup yang tidak dimasukkan keberhitungan biaya siklus hidup pada masing-masing perkerasan, juga diharapkan dilakukan suatu perencanaan yang nantinya menjadi tolak ukur dalam investasi pada perkerasan jalan.
4. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat lebih memkomparasi antara eksisting dan sisi akademis yang lebih mengulas prinsip dalam sistem pengambilan keputusan, desain dan pemilihan metode yang tepat agar sasaran dari biaya siklus hidup suatu bangunan ini dapat menjadi pertimbangan dengan pelaksanaan yang ketat, sebab biaya siklus hidup lebih kepada pemilihan dari berbagai macam alternatif yang nantinya akan dipilih berdasarkan kriteria kriteria yang memenuhi baik dari biaya maupun metode yang tepat.
5. Perlu dilakukan penelitan lebih lanjut tentang desain strategi rehabilitasi dan perawatan dengan pendekatan pengalaman dan *history* dari bebagai ruas jalan khususnya yang terdapat di Indonesia dengan spesifikasi yang sama agar

strategi rehabilitasi dan perawatan dalam menaikkan performa jalan tetap dapat melayani sampai umur rencana bahkan lebih.

6. Perlu adanya penelitian lanjutan tentang aspek manfaat-manfaat yang terdapat pada perkerasan.



DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Petunjuk Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2003). *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2011). *Pedoman Konstruksi dan Bangunan Desain Perkerasan Jalan Lentur*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2013). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Farid. (2013). Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beto dan Jalan Aspal dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993 Selama Umur Rencana 20 Tahun. *Extrapolasi Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya* Juli 2013, Vol. 06, No. 01, hal 75 - 90.
- Febria., Trikomara., & Taufik. (2016). *Study of Efficiency Level Road Rigid Pavement and Flexible Pavement*. *Jom FTEKNIK* Volume 3 No. 2 Oktober 2016.
- Kardipura. (2011). Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode Annual Worth. *Jurnal INFO TEKNIK*, Volume 12 No. 2, Desember 2011
- Nurahmi & Kartika. (2012). Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 1, ISSN: 2301-9271.
- Peraturan Presiden No 34. (2006). *Tentang Jalan*. Jakarta: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia.
- Rachmayati. (2014). Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku dan Perkerasan Letur. *Jurnal Jalan-Jembatan*, Volume 31 No. 2 Agustus 2014, 94 - 110.
- Suryana. (2010). *Buku Ajar Perkuliahan: Metode Penelitian, Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*, Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

U.S Department of Transportation. (1996). Pavement Maintenance Effectiveness Preventative Maintenance Treatment. *Publication No. FHWA-SA-96-027*.

U.S Department of Transportation. (1998). *Life – Cycle Cost Analysis in Pavement Design. Publication No. FHWA-SA-98-079*.

Waluyo, R., Nuswantoro, W., & Rendra. (2008). *Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah.



Lampiran 1. Tabel Nilai Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
220	5	0,94	1,58	1,42	1,08	2,33	2,93	3,14	3,19	2,11	2,71	2,87	3,02
220	10	0,9	1,49	1,3	0,98	2,31	2,91	3,09	3,13	2,1	2,7	2,84	2,96
220	15	0,88	1,44	1,25	0,93	2,3	2,9	3,06	3,1	2,09	2,69	2,82	2,93
220	20	0,87	1,42	1,22	0,91	2,29	2,89	3,05	3,09	2,08	2,69	2,81	2,92
220	25	0,85	1,39	1,18	0,88	2,29	2,89	3,03	3,07	2,08	2,69	2,8	2,9
220	35	0,82	1,33	1,11	0,83	2,28	2,88	2,99	3,03	2,07	2,68	2,78	2,86
220	50	0,79	1,27	1,04	0,79	2,26	2,88	2,96	3	2,07	2,67	2,76	2,83
220	75	0,76	1,19	0,97	0,73	2,24	2,85	2,92	2,95	2,06	2,68	2,72	2,78
230	5	0,88	1,49	1,35	1,03	2,28	2,88	3,1	3,14	2,05	2,65	2,82	2,98
230	10	0,84	1,41	1,24	0,94	2,26	2,86	3,05	3,09	2,04	2,64	2,79	2,92
230	15	0,82	1,38	1,19	0,89	2,25	2,85	3,02	3,06	2,03	2,64	2,77	2,89
230	20	0,81	1,34	1,16	0,87	2,24	2,84	3	3,05	2,03	2,63	2,76	2,88
230	25	0,8	1,31	1,12	0,84	2,23	2,83	2,98	3,03	2,03	2,63	2,75	2,86
230	35	0,77	1,25	1,05	0,78	2,21	2,81	2,94	2,99	2,02	2,62	2,73	2,82
230	50	0,74	1,19	0,99	0,74	2,2	2,8	2,91	2,95	2,01	2,61	2,7	2,78
230	75	0,71	1,12	0,91	0,7	2,19	2,79	2,86	2,91	2	2,6	2,68	2,74
240	5	0,82	1,4	1,29	0,98	2,23	2,83	3,06	3,11	1,99	2,6	2,78	2,94
240	10	0,79	1,32	1,18	0,89	2,21	2,81	3,01	3,05	1,98	2,59	2,74	2,88
240	15	0,77	1,28	1,13	0,85	2,2	2,8	2,98	3,02	1,98	2,58	2,72	2,85
240	20	0,76	1,26	1,1	0,83	2,19	2,79	2,96	3,01	1,97	2,57	2,72	2,84
240	25	0,75	1,23	1,06	0,8	2,18	2,78	2,94	2,99	1,97	2,57	2,71	2,82
240	35	0,72	1,17	0,99	0,74	2,17	2,76	2,9	2,95	1,96	2,56	2,69	2,78
240	50	0,69	1,12	0,94	0,7	2,15	2,75	2,88	2,91	1,95	2,55	2,66	2,74
240	75	0,67	1,05	0,86	0,66	2,13	2,74	2,83	2,88	1,94	2,54	2,63	2,69
250	5	0,77	1,33	1,23	0,94	2,18	2,78	3,02	3,07	1,94	2,54	2,73	2,9
250	10	0,74	1,25	1,12	0,86	2,16	2,76	2,97	3,01	1,93	2,53	2,7	2,85
250	15	0,72	1,21	1,07	0,81	2,15	2,75	2,94	2,98	1,93	2,53	2,68	2,82
250	20	0,71	1,18	1,04	0,79	2,14	2,74	2,93	2,97	1,92	2,52	2,67	2,8
250	25	0,7	1,16	1,01	0,76	2,13	2,73	2,91	2,95	1,92	2,52	2,66	2,78
250	35	0,68	1,11	0,95	0,71	2,12	2,71	2,87	2,91	1,91	2,51	2,64	2,74
250	50	0,65	1,06	0,89	0,67	2,1	2,7	2,83	2,88	1,9	2,5	2,61	2,7
250	75	0,63	0,99	0,82	0,61	2,08	2,69	2,79	2,83	1,89	2,49	2,59	2,65
260	5	0,73	1,26	1,18	0,9	2,13	2,73	2,99	3,03	1,89	2,49	2,69	2,87
260	10	0,7	1,18	1,08	0,82	2,11	2,71	2,93	2,98	1,88	2,48	2,66	2,81
260	15	0,68	1,15	1,03	0,78	2,1	2,7	2,9	2,95	1,88	2,48	2,64	2,78
260	20	0,67	1,12	1	0,75	2,09	2,69	2,89	2,93	1,87	2,47	2,63	2,76
260	25	0,66	1,1	0,97	0,73	2,08	2,69	2,87	2,91	1,87	2,47	2,62	2,74
260	35	0,64	1,05	0,91	0,68	2,07	2,68	2,83	2,87	1,86	2,46	2,59	2,7
260	50	0,61	1	0,85	0,64	2,05	2,65	2,8	2,84	1,85	2,45	2,56	2,67
260	75	0,59	0,95	0,78	0,58	2,03	2,64	2,75	2,78	1,84	2,44	2,54	2,61
270	5	0,68	1,19	1,13	0,87	2,09	2,69	2,95	3	1,84	2,44	2,65	2,83
270	10	0,66	1,12	1,03	0,79	2,07	2,67	2,9	2,94	1,83	2,43	2,62	2,78
270	15	0,64	1,09	0,98	0,75	2,06	2,66	2,87	2,91	1,83	2,43	2,6	2,75
270	20	0,63	1,06	0,96	0,72	2,05	2,65	2,85	2,9	1,82	2,42	2,59	2,73
270	25	0,62	1,04	0,93	0,7	2,04	2,64	2,83	2,88	1,82	2,42	2,58	2,71
270	35	0,6	0,99	0,87	0,65	2,02	2,63	2,79	2,84	1,81	2,41	2,55	2,67
270	50	0,58	0,95	0,81	0,61	2	2,61	2,76	2,8	1,8	2,4	2,52	2,63
270	75	0,56	0,89	0,74	0,57	1,99	2,59	2,7	2,75	1,79	2,39	2,5	2,58
280	5	0,65	1,13	1,08	0,83	2,05	2,65	2,92	2,97	1,8	2,4	2,62	2,8
280	10	0,62	1,06	0,99	0,75	2,03	2,63	2,86	2,91	1,79	2,39	2,58	2,74
280	15	0,6	1,03	0,94	0,72	2,01	2,62	2,83	2,88	1,78	2,38	2,56	2,71
280	20	0,6	1,01	0,92	0,69	2	2,61	2,82	2,87	1,77	2,37	2,55	2,7
280	25	0,59	0,99	0,89	0,67	1,99	2,6	2,8	2,85	1,77	2,37	2,54	2,68
280	35	0,57	0,94	0,83	0,62	1,97	2,58	2,76	2,81	1,76	2,36	2,51	2,64
280	50	0,55	0,9	0,78	0,59	1,96	2,56	2,72	2,77	1,75	2,35	2,48	2,6
280	75	0,53	0,86	0,71	0,53	1,94	2,55	2,68	2,72	1,74	2,34	2,46	2,55

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

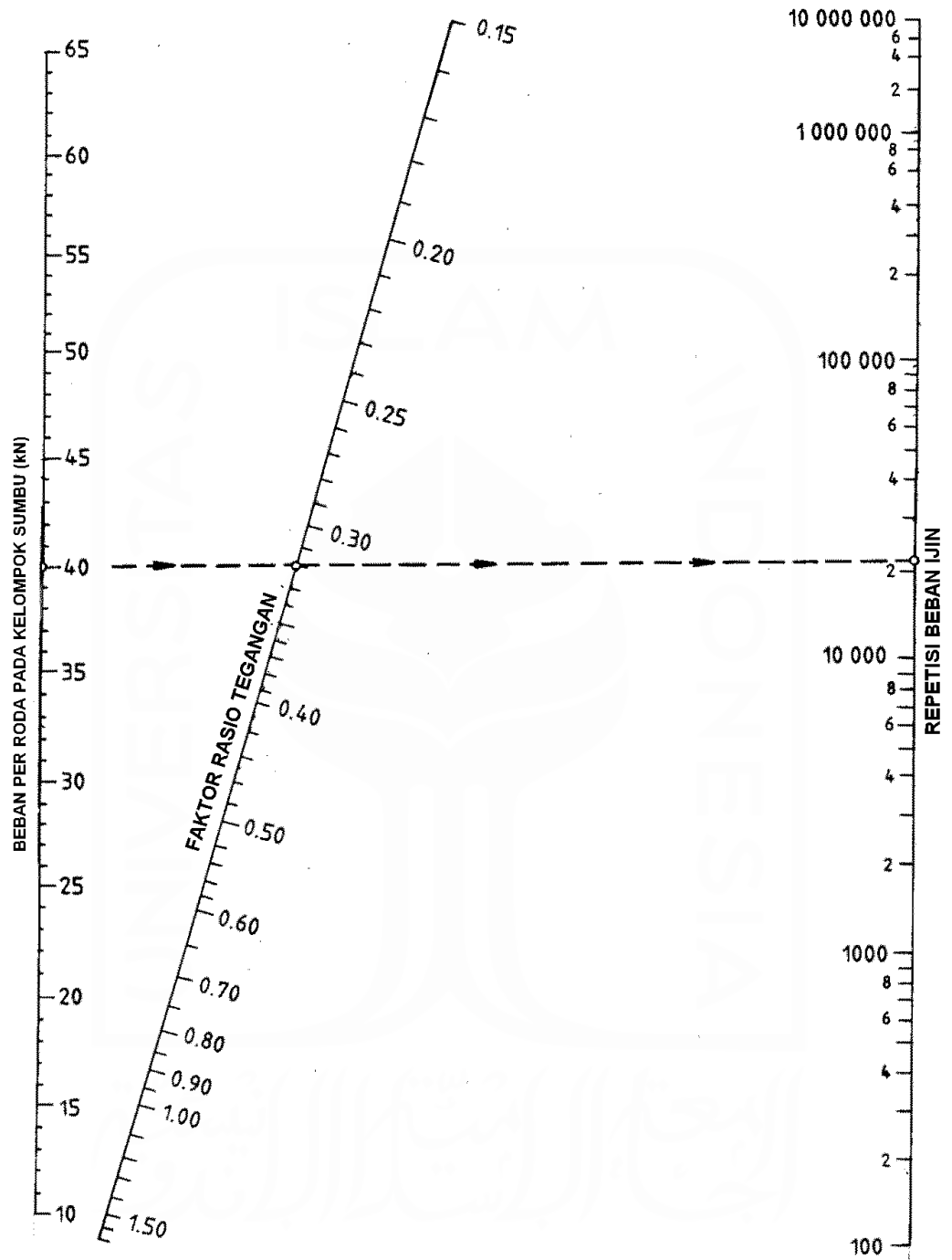
Lampiran 2. Lanjutan Tabel Nilai Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi tanpa bahu beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
290	5	0,61	1,08	1,04	0,8	2,01	2,61	2,89	2,93	1,75	2,35	2,58	2,77
290	10	0,59	1,01	0,95	0,73	1,99	2,59	2,83	2,88	1,74	2,34	2,54	2,71
290	15	0,58	0,98	0,9	0,7	1,97	2,58	2,8	2,85	1,74	2,34	2,52	2,68
290	20	0,57	0,96	0,88	0,67	1,96	0,2	2,79	2,83	1,73	2,33	2,51	2,67
290	25	0,56	0,94	0,85	0,65	1,95	2,56	2,77	2,81	1,73	2,33	2,5	2,65
290	35	0,54	90	80	60	1,93	2,54	2,73	2,77	1,72	2,32	2,47	2,61
290	50	0,52	86	75	56	1,92	2,52	2,69	2,74	1,71	2,31	2,44	2,56
290	75	0,5	0,81	0,68	0,52	1,9	2,5	2,64	2,68	1,7	2,3	2,42	2,51
300	5	0,58	1,03	1	0,77	1,97	2,57	2,86	2,9	1,71	2,31	2,55	2,74
300	10	0,56	0,97	0,91	0,7	1,95	2,55	2,8	2,85	1,7	2,3	2,51	2,68
300	15	0,55	0,94	0,87	0,67	1,93	2,54	2,77	2,82	1,69	2,3	2,49	2,65
300	20	0,54	0,92	0,85	0,65	1,92	2,53	2,76	2,8	1,68	2,29	2,48	2,64
300	25	0,53	0,9	0,82	0,63	1,91	2,52	2,74	2,78	1,68	2,29	2,46	2,62
300	35	0,51	0,86	0,77	0,58	1,89	2,5	2,7	2,74	1,67	2,28	2,43	2,58
300	50	0,49	0,82	0,72	0,54	1,88	2,48	2,66	2,7	1,66	2,26	2,41	2,53
300	75	0,47	0,78	0,65	0,5	1,86	2,46	2,61	2,65	1,65	2,26	2,37	2,48
310	5	0,55	0,98	0,97	0,74	1,94	2,54	2,83	2,88	1,67	2,27	2,51	2,71
310	10	0,53	0,92	0,89	0,68	1,91	2,51	2,77	2,82	1,66	2,26	2,47	2,65
310	15	0,52	0,89	0,84	0,65	1,89	2,49	1,65	2,79	1,65	2,25	2,45	2,62
310	20	0,51	0,88	0,82	0,63	1,89	2,49	1,64	2,77	1,64	2,24	2,44	2,61
310	25	0,5	0,86	0,79	0,6	1,88	2,48	1,64	2,75	1,64	2,24	2,43	2,592
310	35	0,49	0,82	0,74	0,55	1,86	2,46	1,63	2,71	1,63	2,23	2,4	2,55
310	50	0,47	0,78	0,69	0,51	1,84	2,44	1,62	2,67	1,62	2,22	2,37	2,5
310	75	0,45	0,74	0,63	0,48	1,82	2,42	2,58	2,62	1,61	2,21	2,34	2,45
320	5	0,53	0,94	0,93	0,71	1,9	2,5	2,8	2,85	1,63	2,23	2,48	2,69
320	10	0,51	0,88	0,85	0,65	1,87	2,48	2,74	2,79	1,62	2,22	2,44	2,63
320	15	0,5	0,85	0,81	0,62	1,85	2,46	2,71	2,76	1,61	2,21	2,42	2,6
320	20	0,49	0,84	0,79	0,6	1,85	2,45	2,7	2,74	1,6	2,2	2,41	2,58
320	25	0,48	0,82	0,76	0,58	1,84	2,44	2,68	2,72	1,6	2,2	2,4	2,56
320	35	0,46	0,78	0,71	0,54	1,82	2,42	2,64	2,68	1,59	2,19	2,37	2,52
320	50	0,44	0,75	0,67	0,51	1,8	2,4	2,6	2,64	1,58	2,18	2,33	2,47
320	75	0,43	0,71	0,61	0,45	1,78	2,38	2,55	2,59	1,57	2,17	2,31	2,42
330	5	0,5	0,9	0,9	0,69	1,87	2,47	2,78	2,82	1,59	2,19	2,45	2,66
330	10	0,48	0,85	0,82	0,63	1,84	2,44	2,72	2,76	1,58	2,18	2,41	2,6
330	15	0,47	0,82	0,79	0,6	1,82	2,42	2,69	2,73	1,57	2,17	2,39	2,57
330	20	0,46	0,8	0,76	0,58	1,81	2,42	2,67	2,72	1,56	2,16	2,38	2,55
330	25	0,46	0,78	0,74	0,56	1,8	2,41	2,65	2,7	1,56	2,16	2,36	2,53
330	35	0,45	0,74	0,69	0,52	1,78	2,39	2,61	2,66	1,55	2,15	2,33	2,49
330	50	0,42	0,71	0,64	0,48	1,76	2,36	2,57	2,62	1,54	2,14	2,3	2,45
330	75	0,41	0,68	0,59	0,45	1,74	2,35	2,52	2,57	1,53	2,13	2,28	2,4
340	5	0,48	0,86	0,87	0,65	1,84	2,44	2,75	2,79	1,55	2,15	2,42	2,63
340	10	0,46	0,8	0,79	0,61	1,81	2,41	2,69	2,74	1,54	2,14	2,38	2,57
340	15	0,45	0,78	0,76	0,58	1,79	2,39	2,66	2,71	1,53	2,14	2,36	2,54
340	20	0,44	0,77	0,73	0,57	1,78	2,38	2,64	2,69	1,52	2,13	2,35	2,52
340	25	0,44	0,75	0,71	0,55	1,77	2,37	2,62	2,67	1,52	2,12	2,33	2,5
340	35	0,43	0,72	0,66	0,51	1,75	2,35	2,58	2,63	1,51	2,11	2,3	2,46
340	50	0,4	0,68	0,62	0,47	1,73	2,33	2,54	2,59	1,5	2,1	2,27	2,42
340	75	0,39	0,65	0,56	0,43	1,71	2,31	2,49	2,54	1,49	2,09	2,24	2,37
350	5	0,46	0,83	0,85	0,63	1,8	2,41	2,72	2,77	1,51	2,11	2,39	2,61
350	10	0,44	0,78	0,77	0,59	1,77	2,38	2,67	2,71	1,5	2,1	2,35	2,55
350	15	0,43	0,75	0,74	0,56	1,75	2,36	2,64	2,68	1,5	2,1	2,33	2,52
350	20	0,42	0,74	0,71	0,55	1,75	2,35	2,62	2,66	1,49	2,09	2,32	2,5
350	25	0,42	0,72	0,69	0,53	1,74	2,34	2,6	2,64	1,49	2,09	2,3	2,48
350	35	0,41	0,69	0,64	0,49	1,72	2,32	2,56	2,6	1,48	2,08	2,27	2,44
350	50	0,39	0,65	0,6	0,46	1,69	2,29	2,52	2,56	1,46	2,07	2,24	2,39
350	75	0,37	0,62	0,54	0,42	1,67	2,28	2,47	2,51	1,46	2,06	2,21	2,34

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

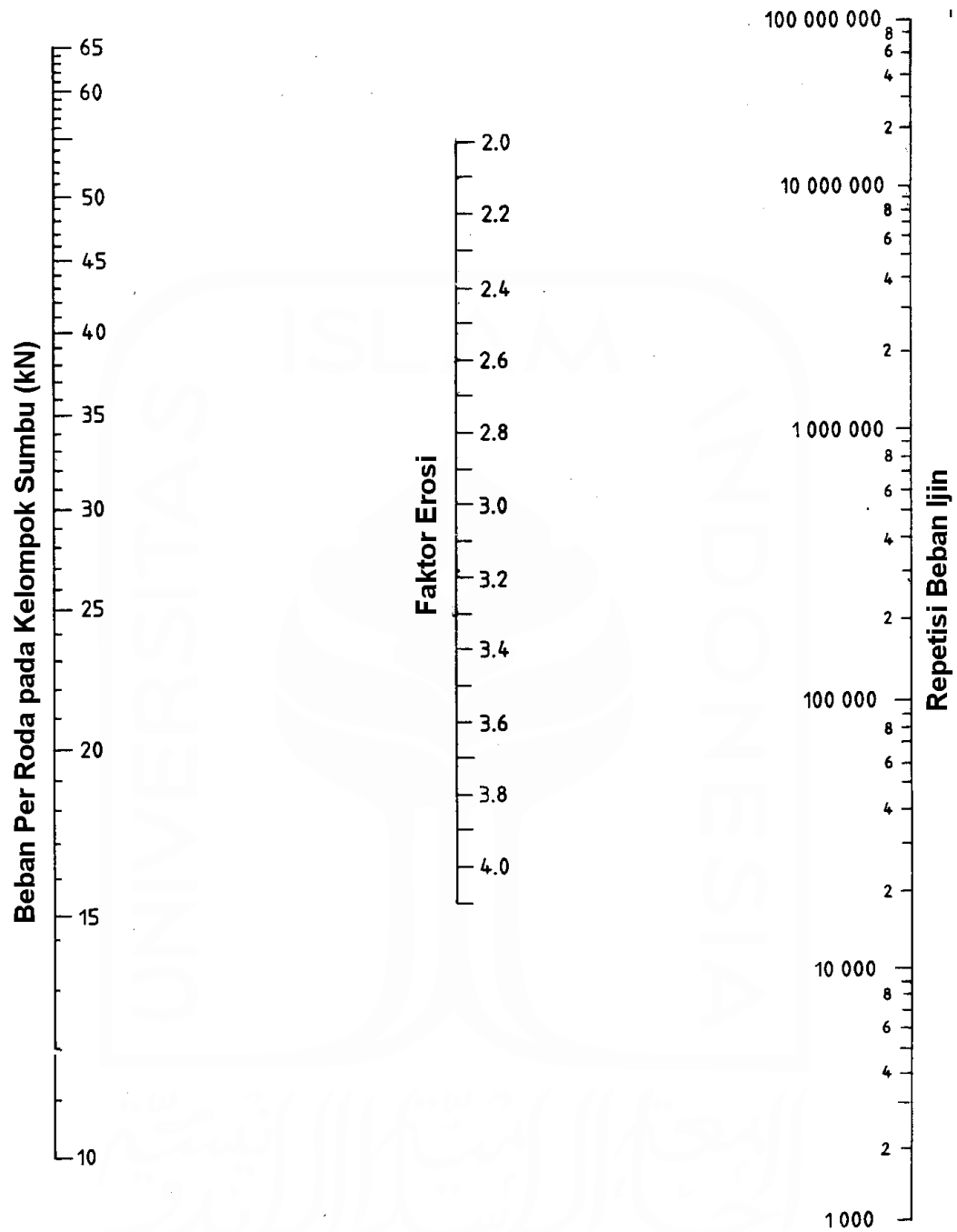
Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, (2003)

Lampiran 3. Nomogram Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Tanpa Bahu Beton



Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, (2003)*

Lampiran 4. Nomogram Analisa Erosi dan Beban Repetisi Ijin



Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, (2003)*

Lampiran 5. Data Tingkat Inflasi

Bulan Tahun	Inflasi
Juli 2018	3.18%
Juni 2018	3.12%
Mei 2018	3.23%
Apr-18	3.41%
Maret 2018	3.40%
Februari 2018	3.18%
Januari 2018	3.25%
Desember 2017	3.61%
Nopember 2017	3.30%
Oktober 2017	3.58%
Sep-17	3.72%
Agustus 2017	3.82%
Juli 2017	3.88%
Juni 2017	4.37%
Mei 2017	4.33%
Apr-17	4.17%
Maret 2017	3.61%
Februari 2017	3.83%
Januari 2017	3.49%
Desember 2016	3.02%

Sumber: <https://www.bi.go.id/id/moneter/inflasi/data/Default.aspx>

Lampiran 6. Data Harga Satuan Upah Tahun 2017

No	Uraian	Kode	Harga Satuan (Rp.)	Harga Jam (Rp.)
1.	Pekerja	(L01)	60,000.00	8,571.43
2.	Tukang	(L02)	75,000.00	10,714.29
3.	M a n d o r	(L03)	85,000.00	12,142.86
4.	Operator	(L04)	80,000.00	11,428.57
5.	Pembantu Operator	(L05)	70,000.00	10,000.00
6.	Sopir / Driver	(L06)	64,000.00	9,142.86
7.	Pembantu Sopir / Driver	(L07)	60,000.00	8,571.43
8.	Mekanik	(L08)	75,000.00	10,714.29
9.	Pembantu Mekanik	(L09)	60,000.00	8,571.43
10.	Kepala Tukang	(L10)	85,000.00	12,142.86

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)



Lampiran 7. Data Harga Satuan Harga Tahun 2017

No	Uraian	Kode	Harga Satuan (Rp.)
1	Pasir Pasang (Sedang)	M3	202,000.00
2	Pasir Beton (Kasar)	M3	202,000.00
3	Pasir Halus (untuk HRS)	M3	202,000.00
4	Pasir Urug (ada unsur lempung)	M3	168,000.00
5	Batu Kali	M3	205,000.00
6	Agregat Pecah Kasar	M3	191,000.00
7	Agg. Halus LP A	M3	168,000.00
8	Agregat Lolos # 1 "	M3	204,000.00
9	Lolos screen1 ukuran (0 - 5)	M3	168,000.00
10	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	231,000.00
11	Lolos screen2 ukuran (5 - 9,5)	M3	204,000.00
12	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	183,000.00
13	F i l l e r	Kg	1,025.00
14	Batu Belah / Kerakal	M3	221,000.00
15	G r a v e l	M3	200,000.00
16	Bahan Tanah Timbunan	M3	75,000.00
17	Bahan Pilihan	M3	150,000.00
18	Aspal Curah	KG	7,700.00
19	Aspal Drum	KG	9,500.00
20	Kerosen / Minyak Tanah	LITER	7,900.00
21	Semen / PC (50kg)	Zak	55,500.00
22	Semen / PC (40kg)	Zak	41,000.00
23	Semen / PC (kg)	Kg	1,025.00
24	Besi Beton	Kg	12,000.00
25	Kawat Beton	Kg	15,000.00
26	Kawat Bronjong	Kg	14,000.00
27	S i r t u	M3	150,000.00
28	Cat Marka (Non Thermoplas)	Kg	22,500.00
29	Cat Marka (Thermoplastic)	Kg	27,500.00
30	P a k u	Kg	12,500.00
31	Kayu Perancah	M3	2,250,000.00
32	B e n s i n	LITER	7,300.00
33	S o l a r	LITER	9,000.00
34	Minyak Pelumas / Olie	LITER	45,000.00
35	Plastik Filter	M2	15,000.00
36	Pipa Galvanis Dia. 1.6"	Batang	402,500.00
37	Pipa Porus	M'	49,600.00
38	Agr.Base Kelas A	M3	214,299.34
39	Agr.Base Kelas B	M3	206,993.96
40	Agr.Base Kelas C	M3	224,131.99
41	Agr.Base Kelas C2	M3	224,131.99
42	Geotextile	M2	10,500.00
43	Aspal Emulsi	Kg	9,800.00

No	Uraian	Kode	Harga Satuan (Rp.)
44	Gebalan Rumput	M2	5,850.00
45	Thinner	LITER	14,200.00
46	Glass Bead	Kg	65,400.00
47	Pelat Rambu (Eng. Grade)	BH	371,400.00
48	Pelat Rambu (High I. Grade)	BH	496,800.00
49	Rel Pengaman	M'	690,000.00
50	Beton K-250	M3	1,251,529.78
51	Baja Tulangan (Polos) U24	Kg	12,000.00
52	Baja Tulangan (Ulir) D32	Kg	12,000.00
53	Kapur	M3	250,000.00
54	Chipping	M3	183,000.00
55	Chipping (kg)	Kg	124.49
56	Cat	Kg	27,500.00
57	Pemantul Cahaya (Reflector)	Bh.	12,600.00
58	Pasir Urug	M3	168,000.00
59	Arbocell	Kg.	32,000.00
60	Baja Bergelombang	Kg	12,500.00
61	Beton K-125	M3	758,656.04
62	Baja Struktur	Kg	18,000.00
63	Tiang Pancang Baja	M'	25,247.37
64	Tiang Pancang Beton Pratekan	M3	423,957.93
65	Kawat Las	Dos	30,000.00
66	Pipa Baja	Kg	15,000.00
67	Minyak Fluks	Liter	7,900.00
68	Bunker Oil	Liter	3,000.00
69	Asbuton Halus	Ton	325,000.00
70	Baja Prategang	Kg	8,000.00
71	Baja Tulangan (Polos) U32	Kg	12,000.00
72	Baja Tulangan (Ulir) D39	Kg	12,000.00
73	Baja Tulangan (Ulir) D48	Kg	12,000.00
74	PCI Girder L=17m	Buah	86,000,000.00
75	PCI Girder L=21m	Buah	97,000,000.00
76	PCI Girder L=26m	Buah	124,000,000.00
77	PCI Girder L=32m	Buah	157,000,000.00
78	PCI Girder L=36m	Buah	168,000,000.00
79	PCI Girder L=41m	Buah	192,000,000.00
80	Beton K-300	M3	1,225,907.09
81	Beton K-175	M3	801,659.17
82	Cerucuk	M	15,000.00
83	Elastomer	buah	398,500.00
84	Bahan pengawet: kreosot	liter	6,200.00
85	Mata Kucing	buah	136,600.00
86	Anchorage	buah	1,863,000.00
87	Anti stripping agent	Kg	68,000.00

No	Uraian	Kode	Harga Satuan (Rp.)
88	Bahan Modifikasi	Kg	1,300.00
89	Beton K-500	M3	1,712,246.44
90	Beton K-400	M3	1,689,623.58
91	Ducting (Kabel prestress)	M'	150,000.00
92	Ducting (Strand prestress)	M'	50,000.00
93	Beton K-350	M3	1,664,557.86
94	Multipleks 12 mm	Lbr	225,400.00
95	Elastomer jenis 1	buah	385,500.00
96	Elastomer jenis 2	buah	650,000.00
97	Elastomer jenis 3	buah	838,000.00
98	Expansion Tipe Joint Asphaltic Plug	M	1,000,000.00
99	Expansion Join Tipe Rubber	M	1,200,000.00
100	Expansion Join Baja Siku	M	275,000.00
101	Marmer	Buah	400,000.00
102	Kerb Type A	Buah	30,000.00
103	Paving Block	Buah	1,700.00
104	Mini Timber Pile	Buah	27,000.00
105	Expansion Joint Tipe Torma	M1	1,200,000.00
106	Strip Bearing	Buah	229,500.00
107	Joint Socket Pile 35x35	Set	607,500.00
108	Joint Socket Pile 16x16x16	Set	67,500.00
109	Mikro Pile 16x16x16	M1	60,750.00
110	Matras Concrete	Buah	405,000.00
111	Assetiline	Botol	553,300.00
112	Oxygen	Botol	156,800.00
113	Batu Bara	Kg	600.00
114	Pipa Galvanis Dia 3"	M	201,200.00
115	Pipa Galvanis Dia 1,5"	M	67,200.00
116	Agregat Pecah Mesin 0-5 mm	M3	230,000.00
117	Agregat Pecah Mesin 5-10 & 10-20 mm	M3	230,000.00
118	Agregat Pecah Mesin 20-30 mm	M3	230,000.00
119	Joint Sealent	Kg	31,600.00
120	Cat Anti Karat	Kg	35,750.00
121	Expansion Cap	M2	13,800.00
122	Polytene 125 mikron	Kg	21,500.00
123	Curing Compound	Ltr	24,800.00
124	Kayu Acuan	M3	2,250,000.00
125	Additive	Ltr	86,900.00
126	Casing	M2	17,200.00
127	Pasir Tailing	M3	347,400.00
128	Polimer	Ltr	60,300.00
129	Batubara	kg	800.00
130	Kerb jenis 1	Buah	45,000.00
131	Kerb jenis 2	Buah	50,000.00

No	Uraian	Kode	Harga Satuan (Rp.)
132	Kerb jenis 3	Buah	55,000.00
133	Bahan Modifikasi	Kg	75,000.00
134	Aditif anti pengelupasan	Kg	68,000.00
135	Bahan Pengisi (Filler) Tambahan	Kg	1,025.00
136	Asbuton yang diproses	Kg	30,000.00
137	Elastomer Alam	Kg	30,000.00
138	Elastomer Sintesis	Kg	30,000.00
139	- hidup	bh	750,000.00
140	- mati	bh	400,000.00
141	- Baja Prategang	Kg	8,000.00
142	Epoxy Bahan Penutup (sealant)	Kg	31,600.00

Sumber: Bina Marga, *Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan*, (2017)



Lampiran 8. Data Harga Satuan Alat Tahun 2017

No	Uraian	Kode	HP	Kapasitas		Biaya Alat (Rp.) diluar PPN
1	ASPHALT MIXING PLANT	E01	294	50	T/Jam	5,685,388.83
2	ASPHALT FINISHER	E02	72.4	10	Ton	1,075,740.86
3	ASPHALT SPRAYER	E03	4	850	Liter	132,123.42
4	BULLDOZER 100-150 HP	E04	155	-	-	584,417.30
5	COMPRESSOR 4000-6500 L/M	E05	60	5000	CPM/(L/m)	196,443.84
6	CONCRETE MIXER 0.3-0.6 M3	E06	20	500	Liter	115,339.11
7	CRANE 10-15 TON	E07	138	15	Ton	433,134.90
8	DUMP TRUCK 3.5 TON	E08	100	3.5	Ton	295,636.73
9	DUMP TRUCK 10 TON	E09	190	10	Ton	547,794.90
10	EXCAVATOR 80-140 HP	E10	133	0.93	M3	457,915.34
11	FLAT BED TRUCK 3-4 M3	E11	190	10	ton	481,837.50
12	GENERATOR SET	E12	180	135	KVA	528,571.64
13	MOTOR GRADER >100 HP	E13	135	10800	-	516,033.50
14	TRACK LOADER 75-100 HP	E14	70	0.8	M3	241,735.96
15	WHEEL LOADER 1.0-1.6 M3	E15	96	1.5	M3	381,983.83
16	THREE WHEEL ROLLER 6-8 T	E16	55	8	Ton	201,000.96
17	TANDEM ROLLER 6-8 T.	E17	82	8.1	Ton	326,615.37
18	TIRE ROLLER 8-10 T.	E18	100.5	9	Ton	358,927.63
19	VIBRATORY ROLLER 5-8 T.	E19	82	7.05	Ton	425,937.85
20	CONCRETE VIBRATOR	E20	5.5	25	-	39,188.81
21	STONE CRUSHER	E21	220	60	T/Jam	1,013,638.08
22	WATER PUMP 70-100 mm	E22	6	-	-	45,135.83
23	WATER TANKER 3000-4500 L.	E23	100	4000	Liter	301,581.71
24	PEDESTRIAN ROLLER	E24	8.8	835	Ton	99,720.82
25	TAMPER	E25	4.7	121	Ton	39,575.26
26	JACK HAMMER	E26	0	1330	-	52,836.85
27	FULVI MIXER	E27	345	2005	-	985,668.73
28	CONCRETE PUMP	E28	100	8	M3	329,737.65
29	TRAILER 20 TON	E29	175	20	Ton	488,087.92
30	PILE DRIVER + HAMMER	E30	25	2.5	Ton	117,070.26
31	CRANE ON TRACK 35 TON	E31	125	35	Ton	500,770.63
32	WELDING SET	E32	40	250	Amp	118,108.81
33	BORE PILE MACHINE	E33	150	2000	Meter	1,403,360.59
34	ASPHALT LIQUID MIXER	E34	5	1000	Liter	93,074.36
35	TRONTON	E35	150	15	Ton	560,678.47
36	COLD MILLING	E36	248	1000	m	1,157,684.91
37	ROCK DRILL BREAKER	E37	3	-	-	223,188.42
38	COLD RECYCLER	E38	900	2200	M	5,480,839.64
39	HOT RECYCLER	E39	400	3	M	4,378,339.64
40	AGGREGAT (CHIP) SPREADER	E40	115	3.5	M	509,808.87
41	ASPHALT DISTRIBUTOR	E41	115	4000	Liter	332,693.51
42	SLIP FORM PAVER	E42	105	2.5	M	275,880.54
43	CONCRETE PAN MIXER	E43	134	600	Liter	419,452.06
44	CONCRETE BREAKER	E44	290	20	m3/jam	824,100.34
45	ASPAHLT TANKER	E45	190	4000	liter	489,110.89
46	CEMENT TANKER	E46	190	4000	liter	453,110.89

No	Uraian	Kode	HP	Kapasitas		Biaya Alat (Rp.) diluar PPN
47	CONCRETE MIXER (350)	E47	20	350	liter	82,341.56
48	VIBRATING RAMMER	E48	4.2	80	KG	42,226.84
49	TRUK MIXER (AGITATOR)	E49	220	5	M3	634,046.20
50	BORE PILE MACHINE	E50	125	60	CM	1,726,639.58
51	CRANE ON TRACK 75-100 TON	E51	200	75	Ton	706,470.93
52	BLENDING EQUIPMENT	E52	50	30	Ton	167,580.55
53	ASPHALT LIQUID MIXER	E34a	40	20000	Liter	153,240.65
54	BAR BENDER	E53	3	0	0.00	19,528.57
55	BAR CUTTER	E54	3	0	0.00	19,528.57
56	BREAKER	E55	80	3	m3/jam	197,828.57
57	GROUTING PUMP	E56	100	15	Ton	241,928.57
58	JACK HIDROLIC	E57	3	150	Ton	28,043.57
59	MESIN LAS	E58	3	0.17	Ton	29,528.57
60	PILE DRIVER LEADER, 75 kw	E59	70	75	kw	175,778.57
61	PILE HAMMER	E60	10	0	0.00	48,428.57
62	PILE HAMMER, 2,5 Ton	E61	1	2.5	Ton	23,633.57
63	STRESSING JACK	E62	89	15	Ton	217,673.57
64	WELDING MACHINE, 300 A	E63	5	0	0.00	32,453.57

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)

Lampiran 9. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 1

L.10.1 Analisa Mobilisasi

No	Uraian	Satuan	Vol.	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A.	Sewa Tanah	M2	-		
B.	PERALATAN				
C.	FASILITAS KONTRAKTOR				
	Base Camp				
1	Kantor	M2	24.00	225,000.00	5,400,000.00
2	Barak	M2	36.00	225,000.00	8,100,000.00
3	Papan Nama Proyek	BH	2.00	325,000.00	650,000.00
4	Rambu Jalan/Jembatan/Pengaman	BH	30.00	40,000.00	1,200,000.00
D.	TES LABORATORIUM				
1	Soil & Aggregate Testing	LS	1.00	10,000,000.00	10,000,000.00
2	Bituminous Testing	LS	1.00	10,000,000.00	10,000,000.00
3	Concrete Testing	LS	1.00	10,000,000.00	10,000,000.00
E.	MOBILISASI LAINNYA				
1	Uizet & Bouwplank	LS	1.00	41,500,000.00	41,500,000.00
G.	DEMOBILISASI	LS	1.00	2,000,000.00	2,000,000.00
	Total Biaya Mobilisasi				88,850,000.00

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)

Lampiran 10. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 3
L11.1 Analisa 1 m³ Galian Biasa

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja	Jam	0.051	8,571.43	438.00
2.	Mandor	Jam	0.026	12,142.86	310.25
Jumlah Harga Tenaga					748.26
B. BAHAN					
Jumlah Harga Bahan					-
C. PERALATAN					
1.	Excavator	Jam	0.026	457,915.34	11,699.84
2.	Dump Truck	Jam	0.114	295,636.73	33,716.93
3.	Alat Bantu	Ls	1.000	0.00	-
Jumlah Harga Alat					45,416.78
D. JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					46,165.03
E. OVERHEAD & PROFIT			10	% x D	4,616.50
F. HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					50,781.54

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)

L.11.2 Analisa 1 m² Penyiapan Badan Jalan

No	Komponen	Sat.	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A.	TENAGA				
1.	Pekerja	jam	0.00238	8,571.43	20.41
2.	Mandor	jam	0.00060	12,142.86	7.23
	Jumlah Harga Tenaga				27.64
B.	BAHAN				
	Jumlah Harga Bahan				-
C.	PERALATAN				
1.	Motor Grader	jam	0.00060	516,033.50	307.16
2.	Vibro Roller	jam	0.00047	425,937.85	200.46
3.	Alat Bantu	Ls	1.00000	0.00	-
	Jumlah Harga Alat				507.62
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				535.26
E.	OVERHEAD & PROFIT			10 % x D	53.53
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				588.78

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)

Lampiran 11. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 5
L12.1 Analisa 1 m³ Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja	jam	1.51	8,571.43	12,908.78
2.	Tukang	jam	0.40	10,714.29	4,302.93
3.	Mandor	jam	0.10	12,142.86	1,219.16
Jumlah Harga Tenaga					18,430.87
B. BAHAN					
1.	Semen	Kg	276.00	1,025.00	282,900.00
2	Pasir	M3	0.64	202,000.00	128,658.46
3	Agregat Kasar	M3	0.72	191,000.00	138,065.71
4	Multiplex 12 mm	Lbr	0.00	225,400.00	-
5	Kayu Acuan	M3	0.04	2,250,000.00	94,500.00
6	Paku	Kg	0.25	12,500.00	3,125.00
Jumlah Harga Bahan					647,249.18
C. PERALATAN					
1	Wheel Loader	jam	0.0000	381,983.83	-
2	Batching Plant/Concrete Mixer	jam	0.0502	419,452.06	21,056.83
3	Truck Mixer	jam	0.0000	634,046.20	-
4	Con. Vibrator	jam	0.0502	39,188.81	1,967.31
5	Water Tank Truck	jam	0.0422	301,581.71	12,717.30
6	Conc. Paver	jam	0.0000	275,880.54	-
7	Alat Bantu	Ls	1.0000	-	-
Jumlah Harga Alat					35,741.44
D. JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					701,421.48
E. OVERHEAD & PROFIT 10 % x D					70,142.15
F. HARGA SATUAN PEKERJAAN / M3					771,563.63

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)

Lampiran 12. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 6
L.13.1 Analisa 1 Liter Lapis Resap Pengikat

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja	Jam	0.0021	8,571.43	17.86
2.	Mandor	Jam	0.0004	12,142.86	5.06
Jumlah Harga Tenaga					22.92
B. BAHAN					
1.	Aspal	Kg	0.679	9,500.00	6,450.27
2.	Kerosene	liter	0.371	7,900.00	2,929.32
Jumlah Harga Bahan					9,379.59
C. PERALATAN					
1.	Asp. Distributor	Jam	0.0002	332,693.51	69.31
2.	Compressor	Jam	0.0002	196,443.84	40.93
Jumlah Harga Alat					110.24
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				9,512.75
E.	OVERHEAD & PROFIT			10 % x D	951.27
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				10,464.02

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)

L.13.2 Analisa 1 ton Laston Lapis Aus (AC-WC)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja	Jam	0.2410	8,571.43	2,065.40
2.	Mandor	Jam	0.0241	12,142.86	292.60
Jumlah Harga Tenaga					2,358.00
B. BAHAN					
1.	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	0.328	204,000.00	66,824.37
2.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	0.321	231,000.00	74,155.41
3	Semen	Kg	19.950	1,025.00	20,448.75
4	Aspal	Kg	59.740	7,700.00	459,998.00
Jumlah Harga Bahan					621,426.53
C. PERALATAN					
1.	Wheel Loader	Jam	0.0117	381,983.83	4,487.05
2.	AMP	Jam	0.0241	5,685,388.83	136,997.32
3.	Genset	Jam	0.0241	528,571.64	12,736.67
4.	Dump Truck	Jam	1.1190	295,636.73	330,831.58
5.	Asp. Finisher	Jam	0.0137	1,075,740.86	14,779.16
6.	Tandem Roller	Jam	0.0135	326,615.37	4,417.12
7	P. Tyre Roller	Jam	0.0058	358,927.63	2,082.66
8	Alat Bantu	Ls	1.0000	-	-
Jumlah Harga Alat					506,331.56
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				1,130,116.09
E.	OVERHEAD & PROFIT 10 % x D				113,011.61
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				1,243,127.70

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)

Lampiran 13. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 7

L.14.1 Analisa 1 m³ Beton 25 MPa

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A. TENAGA					
1	Pekerja	jam	0.803	8,571.43	6,884.68
2	Tukang	jam	0.602	10,714.29	6,454.39
3	Mandor	jam	0.100	12,142.86	1,219.16
JUMLAH HARGA TENAGA					14,558.23
B. BAHAN					
1	Semen	Kg	448.000	1,025.00	459,200.00
2	Pasir beton	M3	0.513	202,000.00	103,641.54
3	Agregat Kasar	M3	0.714	191,000.00	136,428.57
4	Joint Sealent	Kg	0.990	31,600.00	31,284.00
5	Cat Anti Karat	Kg	0.020	35,750.00	715.00
6	Expansion Cap	M2	0.170	13,800.00	2,346.00
7	Polytene 125 mikron	Kg	0.438	21,500.00	9,417.00
8	Curing Compound	Ltr	0.870	24,800.00	21,576.00
9	Kayu Acuan	M3	0.096	2,250,000.00	216,000.00
10	Multipleks 12 mm	Lbr	0.160	225,400.00	36,064.00
11	Paku	Kg	1.024	12,500.00	12,800.00
12	Additive	Lbr	0.914	86,900.00	79,426.60
JUMLAH HARGA BAHAN					1,108,898.71
C. PERALATAN					
1	Pan. Mixer	jam	0.10040	419,452.06	42,113.66
2	Truk Mixer	jam	0.66514	634,046.20	421,731.07
3	Con. Vibrator	jam	0.05010	39,188.81	1,963.36
4	Water Tanker	jam	0.03815	301,581.71	11,506.13
	Slip Form Paver	jam	0.00740	275,880.54	2,041.52
5	Alat Bantu	ls	1.0	-	-
JUMLAH HARGA PERALATAN					479,355.74
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				1,602,812.68
E.	OVERHEAD & PROFIT	10	% x D		160,281.27
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				1,763,093.95

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)

L.14.2 Analisa 1 Kg Memasang besi U 24

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja Biasa	jam	0.1050	8,571.43	900.00
2.	Tukang	jam	0.0350	10,714.29	375.00
3.	Mandor	jam	0.0350	12,142.86	425.00
Jumlah Harga Tenaga					1,700.00
B. BAHAN					
1.	Baja Tulangan (Polos) U24	Kg	1.100	12,000.00	13,200.00
2.	Kawat Beton	Kg	0.020	15,000.00	300.00
Jumlah Harga Bahan					13,500.00
C. PERALATAN					
1.	Alat Bantu	Ls	1	0	-
Jumlah Harga Alat					-
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				15,200.00
E.	OVERHEAD & PROFIT			10 % x D	1,520.00
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				16,720.00

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)

Lampiran 14. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 8
L.15.1 Analisa 1 m² Marka Jalan Termoplastik

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja Biasa	jam	0.6	8571.428571	5,142.86
2.	Tukang	jam	0.225	10714.28571	2,410.71
3.	Mandor	jam	0.075	12142.85714	910.71
Jumlah Harga Tenaga					8,464.29
B. BAHAN					
1.	Cat Marka Thermoplastic	Kg	1.950	27500.000	53,625.00
2.	Minyak Pencair (Thinner)	Liter	1.050	14200.000	14,910.00
3.	Glass Bead	Kg	0.450	65400.000	29,430.00
Jumlah Harga Bahan					97,965.00
C. PERALATAN					
1.	Compressor	Jam	0.075	196443.8355	14,733.29
2.	Dump Truck	Jam	0.075	295636.7344	22,172.76
3.	Alat Bantu	Ls	1	0	-
Jumlah Harga Alat					36,906.04
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				143,335.33
E.	OVERHEAD & PROFIT			0	14,333.53
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				157,668.86

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran - Telukan, (2017)