

## **TUGAS AKHIR**

# **PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAYA PADA PERENCANAAN JALUR EVAKUASI MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU (IMPLEMENTATION OF BENEFIT COST ANALYSIS METHOD ON EVACUATION ROAD PLANNING USING RIGID PAVEMENT)**

**(Studi Kasus Jalur Evakuasi Bencana di Ruas Jl Deles Indah Desa Sidorejo,  
Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah)**

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



**Bayu Dwi Krisnadi  
16 511 235**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2022**

## TUGAS AKHIR

# PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAYA PADA PERENCANAAN JALUR EVAKUASI MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU (IMPLEMENTATION OF BENEFIT COST ANALYSIS METHOD ON EVACUATION ROAD PLANNING USING RIGID PAVEMENT)

(Studi Kasus Jalur Evakuasi Bencana di Ruas Jl Deles Indah Desa Sidorejo,  
Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah)

Disusun Oleh

**Bayu Dwi Krisnadi**  
16 511 235

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal .....  
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



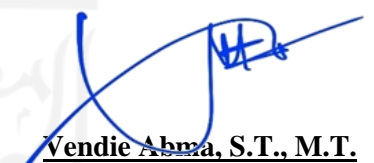
Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK: 005110101

Penguji I



Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D.  
NIK: 955110102

Penguji II



Vendie Abma, S.T., M.T.  
NIK: 155111310

Mengesahkan  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT  
NIK: 885110101



## **PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian Program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 11 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Bayu Dwi Krisnadi

16511235

## KATA PENGANTAR

*Assalammu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Tidak lupa sholawat serta salam penulis sanjungkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat serta pengikutnya sampai akhir jaman.

Tugas akhir dengan judul “PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAAYA PADA PERENCANAAN JALUR EVAKUASI MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU (Studi Kasus Jalur Evakuasi Bencana di Ruas Jl Deles Indah Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah)” ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari sumbangan pemikiran dari berbagai pihak yang sangat membantu, sehingga penulis dapat menyelesaikan semua hambatan yang terjadi selama penyusunan hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Untuk itu dengan penuh hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, yaitu yang akan disebutkan dibawah ini:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
2. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan memberikan tambahan ilmu dengan saran-saran yang membangun selama penyusunan tugas akhir ini
3. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen penguji I yang telah memberikan tambahan ilmu dengan saran-saran yang membangun selama penyusunan tugas akhir ini

4. Bapak Vendie Abma, S.T.,M.T, selaku dosen penguji II yang telah memberikan tambahan ilmu dengan saran yang membangun selama penyusunan tugas akhir ini
5. Staf dosen, laboran, karyawan, dan asisten Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan fasilitas selama masa perkuliahan penulis
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Akhir kata penulis berharap, semoga penelitian dalam Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya. Aamiin

*Wassalammu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 11 Agustus 2022

Penulis



Bayu Dwi Krisnadi

16511235

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan rahmat Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang Dengan ini Saya persembahkan karya ini untuk kedua orang tua saya Bapak Mujiono dan Ibu Jumiwati atas limpahan doa dan kasih sayang yang tak terhingga dan selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.

Untuk kakak dan adik tercinta terima kasih sudah mendukung dan menyemangati hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih untuk Dyah Alfian Nurul Khotimah yang selalu memberikan semangat dan dukungannya kepada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.

Untuk rekan-rekan rekan-kontrakan Gaffar Ali akbar, Hanif Muhtadin, M Fajar Mahendra, Zulfan Dony Pradana, Fatta Zakiya, Syahrul Huzaini, Dwiki Dias Afandi terima kasih atas bantuan, doa, nasehat, hiburan yang kalian berikan selama ini. semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian dikemudian hari dan memberikan kemudahan dalam segala hal. Aamiin.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>ABSTRAK</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Penelitian .....	4
1.6 Lokasi Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya .....	6
2.2 Perbedaan Penelitian .....	9
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	10
3.1 Perkerasan Jalan .....	10
3.2 Jenis-Jenis Perkerasan Jalan .....	10
3.2.1 Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) .....	11
3.2.2 Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> ) .....	20
3.2.3 Perkerasan Komposit ( <i>Composite Pavement</i> ) .....	21
3.3 Perbandingan Perkerasan Kaku dan Lentur .....	21
3.4 Perencanaan Perkerasan Kaku .....	24
3.4.1 Tanah Dasar dan Pondasi Bawah .....	25

3.4.2	Beton Semen .....	27
3.4.3	Lalu Lintas .....	27
3.4.4	Bahu .....	32
3.4.5	Sambungan .....	32
3.4.6	Prosedur Desain Tebal Perkerasan .....	33
3.5	Ekonomi Teknik .....	38
3.6	Analisis Manfaat dan Biaya .....	41
3.7	Manfaat ( <i>Benefit</i> ) .....	42
3.7.1	Biaya Operasional Kendaraan Tidak Tetap .....	42
3.8	Biaya ( <i>Cost</i> ) .....	53
3.8.1	Biaya Langsung ( <i>Initial Cost</i> ) .....	54
3.8.2	Biaya Siklus Hidup ( <i>Life-cycle cost</i> ) .....	55
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>		<b>57</b>
4.1	Jenis Penelitian .....	57
4.2	Subjek dan Objek Penelitian .....	57
4.3	Data Penelitian .....	58
4.4	Tahapan Olah Data .....	58
4.5	Bagan Alir Penelitian .....	60
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>61</b>
5.1	Data Penelitian .....	61
5.2	Perencanaan Perkerasan Kaku .....	62
5.2.1	Pemilihan Jenis Perkerasan Kaku Rencana .....	62
5.2.2	Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) .....	62
5.2.3	Perhitungan Repetisi Sumbu Yang Terjadi .....	67
5.2.4	Penentuan Jenis dan Tebal Perkerasan .....	67
5.2.5	Penentuan CBR Tanah Dasar Efektif .....	68
5.2.6	Penentuan Tebal Taksiran Perkerasan Kaku .....	69
5.2.7	Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton .....	70
5.2.8	Perhitungan Beban Rencana Per Roda .....	71
5.2.9	Analisis Kerusakan Akibat Fatik Pada Pelat Beton .....	71
5.2.10	Analisis Kerusakan Akibat Erosi Pada Pondasi Bawah .....	74
5.2.11	Perhitungan Kebutuhan Batang Pengikat dan Ruji .....	82



5.3 Analisis Biaya .....	83
5.3.1 Biaya Langsung ( <i>Initial Cost</i> ) .....	83
5.3.2 Biaya Siklus Hidup ( <i>Life-Cycle Cost</i> ) .....	88
5.4 Analisis Manfaat .....	95
5.4.1 Perhitungan BOK Without Project .....	95
5.4.2 Perhitungan BOK with project .....	104
5.4.3 Biaya Penghematan BOK .....	108
5.5 Analisis Manfaat Biaya .....	113
5.6 Desain Perkerasan Berdasarkan Data LHRT Tabel MDPJ Bina Marga .....	113
5.6.1 Perencanaan Perkerasan Kaku .....	114
5.6.2 Analisis Biaya .....	126
5.6.3 Analisis Manfaat .....	129
5.6.4 Analisa Manfaat Biaya .....	133
5.7 Pembahasan .....	133
5.7.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku .....	133
5.7.2 Biaya Langsung dan Siklus Hidup Perkerasan .....	134
5.7.3 Manfaat dari Penghematan Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap .....	135
5.7.4 Kelayakan Ekonomi Berdasarkan Rasio B/C .....	136
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>138</b>
6.1 Kesimpulan .....	138
6.2 Saran .....	140
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>141</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>143</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu .....	8
Tabel 3. 1 Perbedaan Perkerasan Kaku dengan Perkerasan Lentur .....	21
Tabel 3. 2 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah.....	28
Tabel 3. 3 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana.....	29
Tabel 3. 4 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru .....	30
Tabel 3. 5 Faktor Keamanan Beban (FKB) .....	31
Tabel 3. 6 Diameter, Panjang dan Jarak Ruji Sesuai Tebal Perkerasan.....	33
Tabel 3. 7 Beban Sumbu Kendaraan.....	36
Tabel 3. 8 Prosedur Desain Tebal Perkerasan.....	37
Tabel 3. 9 Alinemen Vertikal yang Direkomendasikan Dalam Berbagai Medan Jalan.....	44
Tabel 3. 10 Berat Kendaraan Total yang Direkomendasikan Sesuai Jenis Kendaraan .....	44
Tabel 3. 11 Nilai Konstanta dan Koefisien-Koefisien Parameter Model Konsumsi Bahan Bakar Sesuai Jenis Kendaraan .....	46
Tabel 3. 12 Nilai Tipikal JPOi, KPOi, dan OHOi.....	47
Tabel 3. 13 Nilai RCI Permukaan Jalan.....	48
Tabel 3. 14 Koefisien Parameter Biaya Suku Cadang Sesuai Jenis Kendaraan ...	49
Tabel 3. 15 Nilai $a_0$ dan $a_1$ Sesuai Jenis Kendaraan.....	50
Tabel 3. 16 Nilai TTR Sesuai Kondisi Medan.....	51
Tabel 3. 17 Nilai Derajat Tikungan.....	51
Tabel 3. 18 Nilai Konstanta dan Koefisien Parameter Konsumsi Ban .....	52
Tabel 5.1 Data LHR Ruas Suruh-Singlar.....	62
Tabel 5.2 Distribusi Kelompok Kendaraan Niaga .....	64
Tabel 5.3 Umur Rencana Yang Digunakan .....	65

Tabel 5.4 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas yang Digunakan .....	65
Tabel 5.5 Perhitungan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas .....	66
Tabel 5.6 Koefisien Distribusi Kendaraan Yang Digunakan.....	66
Tabel 5.7 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga.....	66
Tabel 5.8 Repetisi Sumbu Yang Terjadi .....	67
Tabel 5.9 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton.....	71
Tabel 5.10 Perhitungan beban Rencana Tiap Roda Yang Digunakan .....	71
Tabel 5.11 Nilai Tegangan Ekuivalen Yang Digunakan .....	72
Tabel 5.12 Perhitungan Faktor Rasio Tegangan Sesuai Jenis Sumbu .....	72
Tabel 5.13 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik .....	74
Tabel 5.14 Faktor Erosi Yang Digunakan.....	74
Tabel 5.15 Perhitungan Persentasi Kerusakan Akibat Erosi.....	76
Tabel 5.16 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=200mm).....	76
Tabel 5.17 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=200mm).....	77
Tabel 5.18 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=210mm).....	77
Tabel 5.19 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=210mm).....	77
Tabel 5.20 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=220mm).....	78
Tabel 5.21 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=220mm).....	78
Tabel 5.22 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=230mm).....	79
Tabel 5.23 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=230mm).....	79
Tabel 5.24 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=240mm).....	80
Tabel 5.25 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=240mm).....	80
Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Analisis Fatik dan Erosi Yang Digunakan .....	81
Tabel 5.27 Perhitungan Panjang Batang Pengikat Pada Sambungan Memanjang	82
Tabel 5.28 Diameter, panjang dan jarak antar ruji yang digunakan .....	82
Tabel 5.29 Perhitungan AHSP Pekerjaan Jalan Beton.....	84
Tabel 5.30 Total Kuantitas dan Jumlah Harga Pekerjaan .....	85
Tabel 5.31 Rekapitulasi Jumlah Harga Pekerjaan .....	88
Tabel 5.32 Strategi Perawatan & Rehabilitasi Perkerasan Kaku PennDOT.....	89
Tabel 5.33 Strategi Perawatan Perkerasan Kaku Yang Digunakan .....	90

Tabel 5.34 Rekapitulasi Biaya Perawatan Sambungan Perkerasan Kaku Selama Umur Rencana.....	91
Tabel 5.35 Biaya Konstruksi dan Biaya Perawatan Selama Umur Rencana .....	93
Tabel 5.36 Daftar Item dan Harga Unit BOK yang Digunakan.....	95
Tabel 5.37 Perhitungan Percepatan Rata-Rata.....	96
Tabel 5.38 Perhitungan Simpangan Baku Percepatan .....	97
Tabel 5.39 Nilai Tanjakan Rata-Rata dan Turunan Rata-Rata yang Digunakan ..	97
Tabel 5.40 Berat Kendaraan Total Yang Digunakan .....	97
Tabel 5.41 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Bahan Bakar (BiBBMj) Perkerasan Eksisting .....	98
Tabel 5.42 Biaya Konsumsi Oli .....	99
Tabel 5.43 Nilai RCI Permukaan Jalan Yang Digunakan .....	99
Tabel 5.44 Perhitungan Nilai Pi .....	100
Tabel 5.45 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Suku Cadang (BPi) Perkerasan Eksisting .....	101
Tabel 5.46 Perhitungan Nilai Jpi.....	101
Tabel 5.47 Rekapitulasi Biaya Upah Perbaikan Kendaraan (Bui) Perkerasan Eksisting .....	102
Tabel 5.48 Nilai TTR dan DTR yang Digunakan .....	102
Tabel 5.49 Perhitungan Kbi .....	103
Tabel 5.50 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Ban (Bbi) Perkerasan Eksisting.....	103
Tabel 5.51 Rekapitulasi BOK Tidak Tetap <i>without project</i> .....	104
Tabel 5.52 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Bahan Bakar (BiBBMj) Perkerasan Baru .....	105
Tabel 5.53 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Oli (Boi) Perkerasan Baru .....	105
Tabel 5.54 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Suku Cadang (BPi) Perkerasan Baru	106
Tabel 5.55 Rekapitulasi Biaya Upah Perbaikan Kendaraan (Bui) Perkerasan Baru .....	106
Tabel 5.56 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Ban (Bbi) Perkerasan Baru.....	107
Tabel 5.57 Rekapitulasi Biaya Tidak Tetap BOK <i>with project</i> .....	107

Tabel 5.58 Perbandingan BOK <i>without project</i> dan <i>with project</i> tiap km perkerasan .....	108
Tabel 5.59 Total Penghematan BOK Biaya Tidak Tetap Selama Umur Rencana .....	109
Tabel 5.60 Data LHRT berdasarkan Tabel MDPJ Bina Marga .....	113
Tabel 5.61 Distribusi Kelompok Kendaraan Niaga .....	114
Tabel 5.62 Repetisi Sumbu Yang Terjadi .....	115
Tabel 5.63 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton.....	119
Tabel 5.64 Perhitungan beban rencana tiap rda yang digunakan.....	119
Tabel 5.65 Nilai Tegangan Ekuivalen yang digunakan .....	120
Tabel 5.66 Perhitungan Faktor Rasio Tegangan .....	120
Tabel 5.67 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik .....	122
Tabel 5.68 Faktor erosi yang digunakan .....	122
Tabel 5.69 Perhitungan persentase kerusakan akibat erosi .....	124
Tabel 5.70 Perhitungan Panjang Batang Pengikat Pada Sambungan Memanjang .....	125
Tabel 5.71 Diameter, panjang dan jarak antar ruji yang digunakan .....	125
Tabel 5.72 Rekapitulasi jumlah harga pekerjaan .....	127
Tabel 5.73 Biaya Konstruksi dan Biaya Perawatan Selama Umur rencana .....	128
Tabel 5.74 Rekapitulasi BOK Tidak Tetap Without Project .....	129
Tabel 5.75 Rekapitulasi BOK Tidak Tetap with project .....	130
Tabel 5.76 Perbandingan BOK Without Project dan With Project tiap km perkerasan .....	130
Tabel 5.77 Total Penghematan BOK biaya tidak tetap selama umur rencana....	131

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kondisi Ruas Jalur Evakuasi Jl Deles Indah.....	2
Gambar 1. 2 Ruas Jalur evakuasi di Desa Sidorejo .....	5
Gambar 3. 1 Lapisan Perkerasan Kaku .....	11
Gambar 3. 2 Skema Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan .....	12
Gambar 3. 3 Ruji Pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan .....	12
Gambar 3. 4 Batang pengikat Pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan.....	13
Gambar 3. 5 Penulangan Pada perkerasan kaku bersambung dengan tulangan.....	15
Gambar 3. 6 Sambungan pelaksanaan melintang dan tulangan pada perkerasan menerus dengan tulangan.....	16
Gambar 3.7 Skema Perkerasan Kaku Prategang.....	18
Gambar 3.8 Lapisan Perkerasan Lentur.....	21
Gambar 3.9 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah.....	26
Gambar 3.10 Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Kaku.....	26
Gambar 3.11 Grafik Hubungan Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga dengan Tebal Perkerasan Serta CBR Tanah Dasar Efektif .....	35
Gambar 3. 12 Grafik Korelasi Nilai RCI dan IRI .....	48
Gambar 5.1 Penentuan Jenis dan Tebal Pondasi Bawah Minimum .....	68
Gambar 5.2 Penentuan CBR Tanah Dasar Efektif yang Digunakan .....	69
Gambar 5.3 Penentuan Tebal Taksiran Pelat Beton.....	70
Gambar 5.4 Contoh Penentuan Repetisi Beban Ijin Akibat Fatik .....	73
Gambar 5.5 Contoh Penentuan Repetisi Beban Ijin Akibat Erosi .....	75
Gambar 5.6 Penentuan Nilai IRI Berdasarkan Nilai RCI .....	100
Gambar 5.7 Penentuan jenis dan tebal pondas bawah minimum yang Digunakan .....	116
Gambar 5.8 Penentuan CBR tanah dasar efektif yang digunakan .....	117

Gambar 5.9 Penentuan tebal taksiran pelat beton ruas yang digunakan .....118  
Gambar 5.10 Contoh penentuan repetisi ijin akibat fatik .....121  
Gambar 5.11 Contoh penentuan repetisi beban ijin akibat erosi .....123



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Nilai Tegangan ekivalen dan faktor erosi .....	144
Lampiran 2 Nomogram Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin .....	146
Lampiran 3 Nomogram Analisa Erosi dan Beban Repetisi Ijin.....	147
Lampiran 4 Data Inflasi 5 Tahun Terakhir .....	148
Lampiran 5 Data Tingkat BI Rate 7 Day 5 Tahun Terakhir .....	150
Lampiran 6 Data Harga Satuan Upah .....	152
Lampiran 7 Data Harga Satuan Bahan .....	153
Lampiran 8 Data Harga Satuan Alat .....	154
Lampiran 9 Perhitungan AHSP Divisi 1 .....	155
Lampiran 10 Perhitungan AHSP Divisi 3.....	157
Lampiran 11 Perhitungan AHSP Divisi 4.....	158
Lampiran 12 Perhitungan AHSP Divisi 5.....	159
Lampiran 13 Perhitungan AHSP Divisi 8.....	163
Lampiran 14 Perhitungan Volume Pekerjaan Divisi 1-8.....	164



## ABSTRAK

Indonesia merupakan suatu negara yang sedang berkembang dari tahun ke tahun mengadakan pembangunan disegala bidang ditujukan untuk kemakmuran rakyat. Pembangunan jalan akan berpengaruh pada kemajuan peradaban dari sebuah wilayah. Kabupaten Klaten merupakan salah satu Kabupaten yang terletak di Provinsi Jawa Tengah dengan luas wilayah mencapai 655,56 km<sup>2</sup>. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Klaten pada tahun 2018 Kabupaten Klaten memiliki infrastruktur jalan dengan total panjang 769,63 km. Ruas jalan deles indah merupakan salah satu dari sekian ruas jalan kabupaten yang masuk dalam kondisi rusak berat. Berdasarkan itu, dibutuhkan penelitian untuk mengetahui desain tebal perkerasan jalan yang dibutuhkan, biaya konstruksi pekerjaan, biaya siklus hidup perkerasan selama umur rencana, manfaat yang dihasilkan serta kelayakan ekonomi ruas jalan tersebut sebelum dibangun ulang.

Penelitian ini menggunakan pedoman Pd T-14-2003 Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah dalam menentukan desain tebal perkerasan. Sedangkan untuk menghitung biaya konstruksi pekerjaan digunakan pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bina Marga . Perhitungan biaya siklus hidup mengacu pada strategi perawatan perkerasan yang dikeluarkan Pennsylvania Department of Transportation. Perhitungan manfaat dalam hal ini penghematan biaya operasi kendaraan mengacu pada pedoman Pd T-15-2005-B Departemen Pekerjaan Umum. Untuk mengetahui kelayakan ekonomi ruas jalan tersebut digunakan metode Analisa manfaat-biaya sebagai pendekatan dalam menilai kelayakan suatu proyek yang ditujukan untuk kepentingan umum. Data yang dibutuhkan untuk merancang tebal perkerasan jalan adalah data lalu lintas yang diasumsikan sama seperti jalan suruh-Singlar. Sedangkan untuk menghitung biaya konstruksi pekerjaan digunakan harga satuan upah, alat dan bahan pada tahun 2020 serta data inflasi 5 tahun terakhir guna menaksir harga satuan pada tahun konstruksi direncanakan yaitu 2022. Dalam menghitung biaya siklus hidup digunakan data suku bunga acuan Bi-Rate 5 tahun terakhir guna menaksir biaya perawatan tahun ke-0 atau tahun awal rencana dari tahun perawatan ke-n. Untuk menghitung biaya operasi kendaraan digunakan data harga satuan komponen unit biaya operasi kendaraan seperti harga bahan bakar, oli, kendaraan, ban berdasarkan survei harga pasaran terbaru.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tebal perkerasan kaku desain setebal 240mm dengan lapis pondasi *Cement Treated Subbase* setebal 100 mm. Biaya konstruksi yang dibutuhkan untuk membangun perkerasan kaku tersebut sebesar Rp 39.739.648.727,24, biaya siklus hidup perkerasan selama umur rencana sebesar Rp 41.892.095.992,29. Manfaat yang diperoleh dari penghematan biaya operasi kendaraan tidak tetap sebesar Rp 38.628.336.074,45. Berdasarkan data tersebut tersebut maka nilai rasio B/C sebesar 0,922. Artinya desain dengan perkerasan kak tersebut tidak memenuhi indikator kelayakan ekonomi rasio B/C yaitu diatas 1.

**Kata kunci :** Analisa manfaat biaya, biaya siklus hidup, perkerasan kaku, B/C rasio

## **ABSTRACT**

*Indonesia is a developing country from year to year carrying out development in all fields aimed at the prosperity of the people. Road construction will affect the progress of civilization of a region. Klaten Regency is one of the regencies located in Central Java Province with an area of 655.56 km<sup>2</sup>. Based on data from the Central Statistics Agency for Klaten Regency in 2018, Klaten Regency has road infrastructure with a total length of 769.63 km. The Deles Indah road section is one of the district roads that are in a heavily damaged condition. Based on this, research is needed to determine the required thickness of the pavement, the cost of construction work, the life cycle cost of the pavement during the design life, the benefits generated and the economic feasibility of the road section before being rebuilt.*

*This study uses the Pd T-14-2003 guidelines of the Department of Settlement and Regional Infrastructure in determining the pavement thickness design. Meanwhile, to calculate the cost of construction work, the guidelines for the 2016 Highways Work Unit Price Analysis were used. The life cycle cost calculation refers to the pavement maintenance strategy issued by the Pennsylvania Department of Transportation. The calculation of the benefits in this case the savings in vehicle operating costs refers to the Pd T-15-2005-B guidelines of the Ministry of Public Works. To determine the economic feasibility of the road section, the cost-benefit analysis method is used as an approach in assessing the feasibility of a project intended for the public interest. The data needed to design the pavement thickness is the traffic data which is assumed to be the same as that of the Suruh-Singlar road. Meanwhile, to calculate the cost of construction work, unit prices of wages, tools and materials are used in 2020 as well as inflation data for the last 5 years to estimate unit prices in the planned construction year, namely 2022. In calculating life cycle costs, the Bi-Rate reference rate data for the last 5 years is used. in order to estimate the maintenance cost of the 0th year or the initial year of the plan from the nth year of maintenance. To calculate vehicle operating costs, unit price data for vehicle operating cost components such as prices for fuel, oil, vehicles, tires is used based on the latest market price survey.*

*The results showed that the rigid design pavement was 240mm thick with a Cement Treated Subbase layer of 100 mm thick. The construction cost needed to build the rigid pavement is Rp. 39,739,648,727.24, the life cycle cost of the pavement during the design life is Rp. 41,892,095,992.29. The benefits obtained from the savings in operating costs for non-fixed vehicles are Rp. 38,628,336,074.45. Based on these data, the value of the B/C ratio is 0.922. This means that the design with the pavement does not meet the indicators of the economic feasibility of the B/C ratio, which is above 1.*

**Keywords :** *Cost benefit analysis, life cycle cost, rigid pavement, B/C ratio*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan suatu negara yang sedang berkembang dari tahun ke tahun mengadakan pembangunan disegala bidang, ditujukan untuk kemakmuran rakyat. Pembangunan yang dilakukan tidak bisa lepas dari jasa perhubungan. Dalam sektor perhubungan titik berat pembangunan pada bidang transportasi dengan memanfaatkan jalan sebagai prasarana transportasi.

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.

Kabupaten Klaten merupakan salah satu Kabupaten yang terletak di Provinsi Jawa Tengah dengan luas wilayah mencapai 655,56 km<sup>2</sup>. 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 2 peranan yang sangat penting untuk mendukung pengembangan dan pemerataan yang seimbang dari hasil pembangunan.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Klaten pada tahun 2018 Kabupaten Klaten memiliki infrastruktur jalan dengan total panjang 769,63 km.

Dari total panjang jalan tersebut 389,11 km dalam kondisi baik, 203,35 km dalam kondisi sedang, 67,333 km dalam kondisi rusak, 109,84 km dalam kondisi rusak berat.

Ruas jalan deles indah merupakan salah satu dari sekian ruas jalan kabupaten yang masuk dalam kondisi rusak berat. Ruas jalan ini terletak di Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang. Selain difungsikan sebagai jalan umum ruas jalan ini juga difungsikan sebagai jalur evakuasi bencana Gunung Merapi di wilayah tersebut.

Ruas ini memiliki panjang 7,8 km dan lebar eksisting 4 meter dengan lapis permukaan aspal. Pengamatan visual dilapangan menunjukkan bahwa lapis perkerasan jalan tersebut telah rusak berat. Hal itu mengakibatkan jalan kurang nyaman dan berbahaya apabila dilalui untuk kegiatan sehari-hari.

Berdasarkan pengamatan, kerusakan jalan tersebut ditengarai akibat aktivitas tambang pasir dengan menggunakan truk meningkat semenjak erupsi Gunung Merapi tahun 2010 serta muatan yang melebihi batas tonase yang ditentukan. Maka dari itu pemilihan perkerasan kaku dalam penelitian ini salah satunya dilatarbelakangi oleh pengalaman ketidakberhasilan perkerasan sebelumnya untuk mendukung kinerja ruas jalan tersebut. Selain itu dengan digunakannya perkerasan kaku diharapkan umur rencana ruas jalan tersebut lebih lama serta mempunyai ketahanan yang kuat sehingga mampu mendukung kinerja evakuasi bencana apabila sewaktu-waktu terjadi bencana erupsi Gunung Merapi.



Gambar 1. 1 Kondisi Ruas Jalur Evakuasi Jl Deles Indah  
(Sumber : Dokumentasi penulis, 2021)

Berdasarkan itu, dibutuhkan penelitian untuk merencanakan kembali ruas jalan tersebut serta mengetahui kelayakan ekonomi dari pembangunan kembali ruas jalan tersebut.

Penelitian ini menggunakan Analisa Manfaat-Biaya sebagai pendekatan dalam menilai kelayakan suatu proyek. Pemilihan metode ini dilatar belakangi oleh obyek penelitian yang bersifat vital dan berorientasi kepada pemenuhan kepentingan dan keselamatan umum.

Penelitian yang dilakukan ini mengambil judul: ” **Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Perencanaan Jalur Evakuasi Menggunakan Perkerasan Kaku (Studi Kasus Jalur Evakuasi Bencana di Ruas Jl Deles Indah Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah)**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan tersebut maka penulis menjabarkan masalah pokok sebagai berikut:

1. Bagaimana perencanaan desain dan tebal perkerasan jalan kaku pada ruas jalan tersebut?
2. Bagaimana perhitungan biaya konstruksi (*initial cost*) serta siklus hidup (*life cycle cost*)?
3. Bagaimana manfaat (*benefit*) perkerasan jalan dengan metode perkerasan kaku?
4. Bagaimana kelayakan ekonomi proyek tersebut bila dihitung dengan metode *Benefit Cost Ratio*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh desain dan tebal perkerasan jalan kaku pada ruas jalan tersebut
2. Mengetahui biaya konstruksi (*initial cost*) serta siklus hidup (*life cycle cost*) perkerasan jalan kaku .
3. Mengetahui manfaat (*benefit*) perkerasan jalan dengan metode perkerasan kaku.
4. Mengetahui kelayakan ekonomi berdasarkan metode *Benefit Cost Ratio*.



#### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Untuk peneliti  
Sebagai pengetahuan serta pengalaman mengenai kondisi nyata di lapangan serta praktik langsung. Serta guna memenuhi syarat kelulusan jenjang strata 1 prodi Teknik Sipil UII.
2. Untuk mahasiswa  
Menambah wawasan bagi pembaca mengenai studi kasus jalan dengan perkerasan kaku
3. Untuk masyarakat umum  
Diharapkan penelitian ini memberikan referensi studi kelayakan proyek pembangunan infrastruktur dalam hal ini ruas jalan Deles Indah, Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten
4. Untuk pemerintah  
Sebagai masukan penanganan jalan rusak, penelitian ini juga diharapkan mampu mengestimasi kelayakan proyek dari segi ekonomi sehingga dapat memberikan pertimbangan bagi aparat Desa Sidorejo maupun Kabupaten Klaten guna mengambil keputusan.

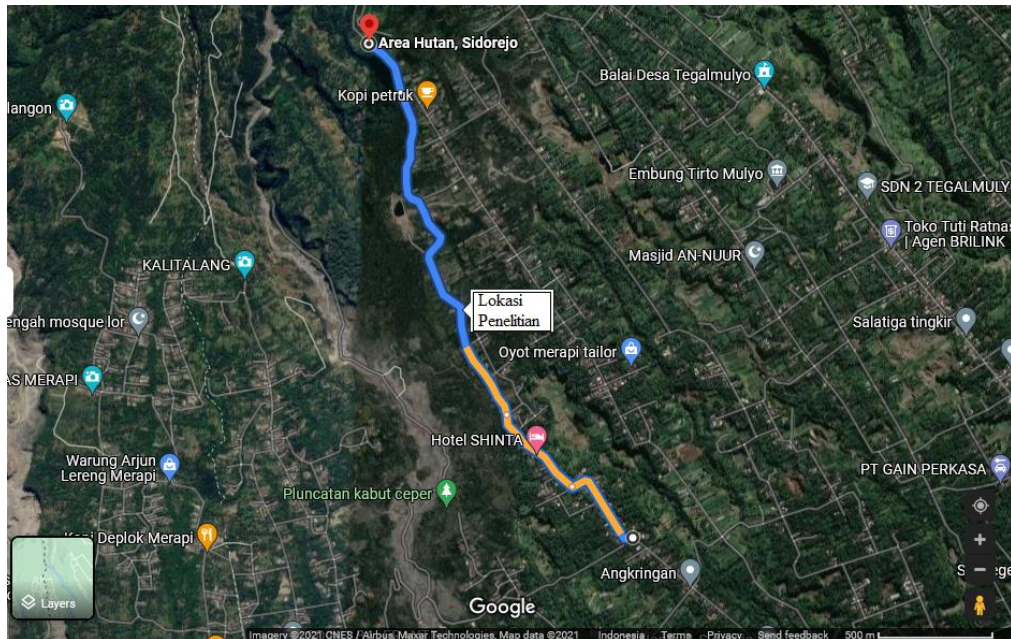
#### **1.5 Batasan Penelitian**

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dijabarkan batasan-batasan penelitian sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian terdapat di jalan Deles Indah desa Sidorejo, Kemalang
2. Jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan ruji
3. Analisa tebal perkerasan kaku menggunakan pedoman Pd T-14-2003
4. Data lalu lintas menggunakan ruas jalan Suruh-Singlar
5. Biaya yang dianalisa adalah biaya konstruksi serta biaya siklus hidup.
6. Manfaat yang dianalisa ditinjau dari aspek penghematan biaya operasi kendaraan biaya tidak tetap

## 1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada ruas jalur evakuasi yang ada di jalan deles indah. Ruas jalur evakuasi yang rusak parah ini diketahui sepanjang 7,8 kilometer. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.2 berikut ini.



Gambar 1. 2 Ruas Jalur evakuasi di Desa Sidorejo

(Sumber: Google maps, diakses 2021)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya**

Dalam penelitian ini, hasil penelitian sebelumnya digunakan sebagai *literature review*. Hasil penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut.

1. Khuzaifah (2017) dalam Tesis berjudul “Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan” menyimpulkan prakiraan arus lalu lintas dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 1,49%. Manfaat yang diperoleh berupa surplus konsumen pada jalan baru dinyatakan sebagai penghematan pada BOK, mobil penumpang sebesar Rp. 870/kend/km, bis Rp. 1.149/kend/km dan truk Rp. 2749 / perjalanan / km. Penghematan waktu dari jalan baru, mobil penumpang Rp. 11 011 / Kend, Bus Rp. 73439 / mobil penumpang, truk Rp. 7344 / Kend. Hasil analisis ekonomi untuk tahun pembukaan ke-25, memenuhi kriteria ekonomi untuk tingkat diskonto 10%, nilai BCR 1,93, dan nilai NPV Rp. 75 172.122.823, discount rate 12% BCR value 1.51 NPV value Rp. 39 298 870 060 dan tingkat diskonto 15%, nilai BCR 1,09, nilai NPV Rp. 6.540.471.105 dan 4.444 EIRR yang diperoleh dengan diskon 15,89% menunjukkan bahwa jalan dapat dibangun di perbatasan Kota Tapaktuan- Bakongan.
2. Muthaher (2017) dalam penelitian berjudul “ Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Penelitian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan “ Disimpulkan bahwa tebal perkerasan padat ruas jalan Balong-Plosokerep berdasarkan Pd T-14-2003 adalah 200 mm. Untuk lapisan pondasi, tebal jenis pondasi yang disemen adalah 100 mm. Menurut perhitungan yang mengacu pada Arahan Sektor Jalan AHSP, biaya pembangunan jalan perkerasan keras adalah Rp 5.509.936.260. Di sisi lain, biaya siklus hidup untuk umur rencana adalah 40 tahun, dan biaya pemeliharaan rutin sambungan perkerasan setiap 5 tahun adalah



Rp 5.839.669.993 . Penghematan biaya operasional kendaraan total selama periode target 40 tahun adalah Rp 3.761.807.648. Untuk nilai B/CR berdasarkan studi kelayakan menggunakan metode ROI, nilainya adalah 0,644. Artinya ruas jalan beraspal tersebut tidak memenuhi data indeks kelayakan B/CR sebesar 1,0.

3. Setiawan (2019) dalam penelitian berjudul “Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya pada Perencanaan Jalur Evakuasi Menggunakan Jalur Flexible Pavement” disimpulkan bahwa berdasarkan perhitungan dengan mengacu pada pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga biaya konstruksi (initial cost) perkerasan lentur yang diperoleh adalah sebesar Rp 4.17.979.722,00. Sedangkan biaya siklus hidup selama umur rencana 20 tahun, dengan strategi perawatan overlay perkerasan berkala selama 5 tahun, diperoleh sebesar Rp 5.057.844.104,00. Manfaat pembangunan kembali ruas jalan tersebut dihitung dari segi penghematan biaya operasi kendaraan yaitu dengan membandingkan biaya operasi kendaraan without proyek dan with proyek. Berdasarkan itu diperoleh total penghematan biaya operasi kendaraan selama umur rencana 20 tahun sebesar Rp 12.008.312.381,00.
4. Muhammad (2021) dalam Tesis berjudul “Analisis Biaya Selama Siklus Hidup Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada Perencanaan Jalan” dapat disimpulkan bahwa biaya siklus hidup pada perkerasan kaku memiliki total biaya yang lebih rendah yaitu Rp 25.513.071.863,78 apabila dibandingkan dengan biaya selama siklus hidup perkerasan lentur yang memiliki biaya total Rp 29.485.744.060,69. Biaya siklus hidup pada perkerasan kaku lebih hemat 13,47% dibandingkan biaya selama siklus hidup pada perkerasan lentur. Jadi bisa disimpulkan bahwa perkerasan kaku lebih layak untuk diaplikasikan pada ruas jalan Balong-Plosokerep.

Perbandingan penelitian ini dengan lima penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Lokasi	Metode
Khuzairah (2017)	Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan	Kota TapaktuanBakongan, Aceh Selatan	<i>Benefit Cost Ratio, Net Present Value, Internal Rate of Return</i>
Muthaher (2017)	Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan	Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta	<i>Benefit Cost Ratio</i>
Setiawan (2019)	Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya pada Perencanaan Jalur Evakuasi Menggunakan Jalur <i>Flexible Pavement</i>	Bojong-Plosokerep, Cangkringan, Sleman, DIY	<i>Benefit Cost Ratio</i>
Muhammad (2021)	Analisis Biaya Selama Siklus Hidup Perkrasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada Perencanaan Jalan	Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta	<i>Benefit Cost Ratio</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Lokasi	Metode
Penelitian yang diusulkan	Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Perencanaan Jalur Evakuasi Menggunakan Perkerasan Kaku	Jl Deles Indah, Sdorejo, Kemalang ,Klaten, Jawa Tengah	<i>Benefit Cost Ratio</i>

## 2.2 Perbedaan Penelitian

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya ialah lokasi serta waktu penelitian yang berbeda. Lokasi penelitian ini dilakukan di salah satu ruas Jalur Evakuasi Bencana Gn. Merapi di Jl Deles Indah, desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Sedangkan penelitian sebelumnya dilakukan di Jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan, Aceh Selatan, Aceh; dan Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan merupakan lapisan yang terletak di atas tanah dasar, yang dikenai tekanan yang berfungsi untuk memindahkan beban lalu lintas, kemudian mendistribusikan beban secara horizontal dan vertikal, dan terakhir meneruskan beban tanah dasar (*subgrade*) ke dalam tanah pondasi beban pada tanah tidak boleh melebihi daya dukung tanah yang diijinkan. Lapisan perkerasan jalan terdiri dari satu atau lebih lapisan bahan batuan dan bahan pengikat. Sebuah batu dapat terdiri dari potongan batu yang berbeda yang dirancang untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Dalam buku yang berjudul *Rekayasa Jalan Raya-2* menurut Tenriajeng (2002), perkerasan jalan adalah campuran antara agregat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai: batu pecah, batu belah, batu kali, hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang digunakan: aspal, semen, tanah liat. Sedangkan Menurut Saodang (2005), struktur perkerasan merupakan kombinasi dari komposisi material yang masing-masing memiliki elastisitas yang berbeda.

#### **3.2 Jenis-Jenis Perkerasan Jalan**

Struktur perkerasan dapat diklasifikasikan menurut poin-poin berikut berdasarkan bahan pengikatnya.

1. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)
2. Perkerasan lentur (*Flexible pavement*)
3. Perkerasan Komposit (*composite pavement*)

Selanjutnya akan dijelaskan pengertian dari ketiga jenis perkerasan jalan tersebut.

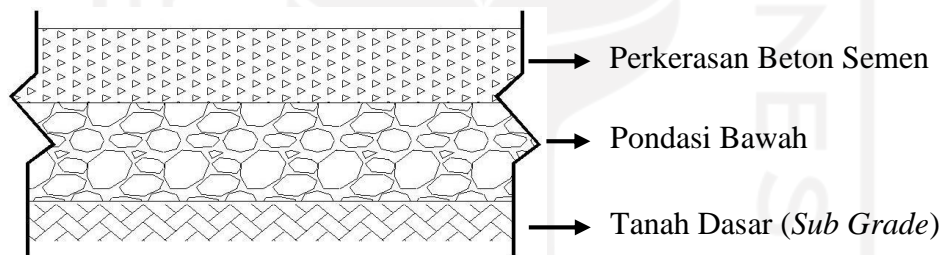
### 3.2.1 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Asiyanto (2010) menggambarkan perkerasan keras sebagai lapisan beton, dimana lapisan berfungsi tidak hanya sebagai lapisan permukaan tetapi juga sebagai lapisan pondasi. Menurut Asiyanto (2010), perkerasan kaku ini memiliki kekuatan yang cukup tinggi (modulus) melebihi 200.000 kg/cm<sup>2</sup> dan bentuk fisiknya adalah pelat beton mutu tinggi.

Menurut Hadiwiyono (2013), perkerasan yang cukup kuat akan mampu mendistribusikan beban di atas tanah dasar yang cukup besar, sehingga daya dukung struktur perkerasan sebagian besar berasal dari pelat beton itu sendiri.

Sedangkan menurut Pedoman Desain Perkerasan Beton Tahun 2003, struktur perkerasan kaku pada umumnya terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan lapisan beton dengan atau tanpa tulangan.

Untuk contoh penampang lapisan perkerasan kaku akan ditampilkan dalam Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3. 1 Lapisan Perkerasan Kaku

(Sumber: Kartadipura, 2011)

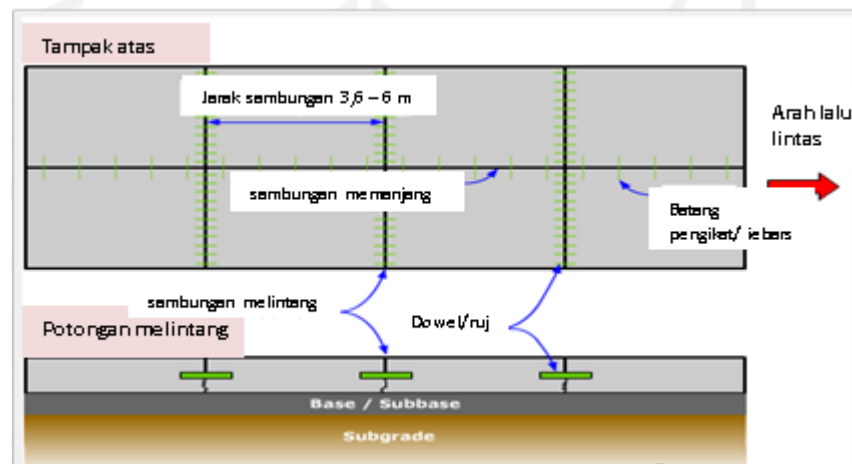
Untuk perkerasan kaku sendiri ada beberapa jenis yang umum dikenal antara lain:

1. Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan (*Joint Plain Concrete Pavement – JPCP*)

Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan adalah jenis yang paling umum digunakan karena biaya yang relatif murah dalam pelaksanaannya dibanding jenis lainnya. Survei yang dilakukan oleh American Concrete Pavement Association (ACPA) pada tahun 1999, di Amerika Serikat 70% dari badan pengelola jalan negara (State Highway Agencies) menggunakan perkerasan bersambung tanpa tulangan. Di daerah dimana korosi terhadap tulangan akan menjadi masalah, ketidakberadaan tulangan akan

meniadakan masalah korosi tersebut, walaupun besi ruji masih akan kena pengaruh korosi.

Sambungan susut umumnya dibuat setiap antara 3,6 m dan 6 m (di Indonesia umumnya antara 4,5 m dan 5 m). Sambungan ini mempunyai jarak yang relatif dekat sehingga retak tidak akan terbentuk di dalam pelat sampai akhir umur layan dari perkerasan tersebut. Karena itu pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, pemuaian dan penyusutan perkerasan diatasi melalui sambungan. Untuk gambar tampak sambungan pada perkerasan kaku jenis ini akan ditampilkan pada gambar 3.2 berikut



Gambar 3.2 Skema Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan  
(Sumber: Diklat Perkerasan kaku KemenPUPR, 2017)

Pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, tidak ada tulangan pada pelat, kecuali ruji yang diletakkan pada sambungan susut tersebut, dan batang pengikat (*tie bar*) yang terletak pada sambungan memanjang, seperti ditunjukkan pada gambar 3.3 dan gambar 3.4 berikut



Gambar 3.3 Ruji Pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan  
(Sumber: Diklat Perkerasan kaku KemenPUPR, 2017)



Gambar 3.4 Batang pengikat Pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan

(Sumber: Diklat Perkerasan kaku KemenPUPR, 2017)

Ruji adalah baja polos lurus yang dipasang pada setiap jenis sambungan melintang dengan maksud sebagai sistem penyalur beban, sehingga pelat yang berdampingan dapat bekerja sama tanpa terjadi perbedaan penurunan yang berarti. Sedangkan batang pengikat (*tie bars*) adalah batang baja ulir yang dipasang pada sambungan memanjang dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal.

Satu kinerja yang penting dari perkerasan bersambung tanpa tulangan ialah penyalur beban yang melintang sepanjang sambungan. Jika sambungan mengalami *faulting* (perbedaan ketinggian dari kedua sisi pelat pada sambungan), maka pengemudi akan mengalami “*bumping*” pada sambungan dan menyebabkan ketidaknyamanan sewaktu mengemudi. Dua metode digunakan untuk melengkapi penyaluran beban pada sambungan perkerasan JPCP, yaitu agregat interlocking dan ruji.

Jika ruji tidak digunakan, maka penyaluran beban pada sambungan, bisa didapat melalui kekuatan geser dari agregat *interlocking*. Sambungan dengan agregat interlocking dibentuk selama pelaksanaan dengan menggergaji seperempat sampai sepertiga tebal pelat perkerasan untuk membuat perlemahan pada pelat didaerah tersebut. Retak akan terus menjalar melalui tebal pelat yang tidak digergaji ketika perkerasan mengalami penyusutan. Permukaan bidang retak ini akan kasar, sebab retak itu menjalar sekitar agregat melalui pasta atau mortar semen, dan selama retak tersebut tetap sempit, maka sambungan bisa menyalurkan beban dari



satu pelat ke pelat lainnya melalui bearing stress dari masing masing partikel agregat yang dilalui retakan tersebut. Penyaluran beban akan menyesuaikan jika bukaan sambungan terlalu lebar atau jika agregat mengalami keausan. Kualitas dan ketahanan erosi dari bahan yang mendukung pelat pada sambungan juga mempengaruhi penyaluran beban.

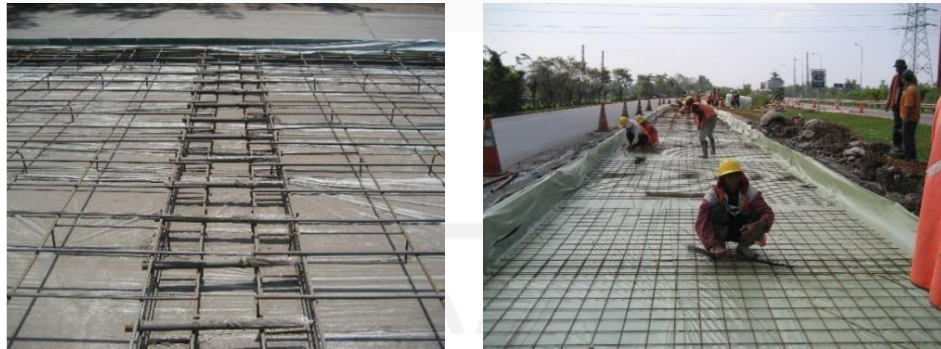
Ketika perkerasan memikul beban lalu lintas yang berat, khususnya pada kecepatan tinggi, agregat interlocking akan hancur seiring dengan seringnya lalu lintas lewat. Hal ini akan menyebabkan deformasi pada sambungan menjadi semakin besar, yang akhirnya menimbulkan faulting, dan kerusakan pada sambungan

## 2. Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*)

Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan atau JRCP serupa dengan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan (JPCP) kecuali ukuran pelat lebih panjang dan ada tambahan tulangan pada pelatnya. Jarak sambungan umumnya antara 7,5 m dan 12 m, meskipun ada juga yang jarak sambungannya sebesar 30 m. Hasil survei oleh ACPA pada tahun 1999, sekitar 20% dari pengelola jalan negara (*State Highway Agency*) di Amerika Serikat menggunakan perkerasan kaku bersambung dengan Tulangan (JRCP)

Pada pelat dan jarak sambungan yang lebih panjang, ruji sangat disarankan karena bukaan sambungan akan menjadi lebih lebar dan agregat interlocking akan menjadi tidak efektif sebagai penyalur beban pada sambungan. Prosentase tulangan yang digunakan dalam arah memanjang umumnya antara 0,1% dan 0,2 % dari luas penampang melintang beton, sedangkan penulangan dalam arah melintang lebih kecil. Penulangan pada perkerasan kaku bersambung dengan tulangan bukan dimaksudkan untuk memikul beban secara struktural, tetapi untuk "memegang" retak agar tetap rapat, guna menjaga geser sepanjang bidang retakan sebagai penyalur beban tetap berfungsi. Untuk pembesiran pada perkerasan kaku jenis ini akan ditampilkan dalam gambar 3.5 berikut





Gambar 3.5 Penulangan Pada perkerasan kaku bersambung dengan tulangan

(Sumber: Diklat Perkerasan kaku KemenPUPR, 2017)

Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan ini masih tetap menggunakan ruji. Selanjutnya karena panjang pelat lebih besar dari pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, retak tetap terjadi pada interval yang sama, karena itu perkerasan bersambung dengan tulangan masih mempunyai satu atau dua retakan pada pelatnya.

Keuntungan dari perkerasan kaku bersambung dengan tulangan adalah jumlah sambungan yang lebih sedikit, tetapi biayanya lebih mahal karena adanya penggunaan tulangan serta kinerja sambungan yang kurang baik dan adanya retak pada pelat. Karena jarak antar sambungan yang lebih besar dari perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, maka bukaan dan penutupan sambungan menjadi lebih lebar, serta ruji sebagai penyalur beban menjadi lebih rentan ketika sambungan terbuka lebih lebar

### 3. Perkerasan Kaku Menerus dengan Tulangan (*Continuous Reinforced Concrete Pavement*)

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan adalah pelat dengan jumlah tulangan yang cukup banyak tanpa sambungan susut. Jumlah tulangan yang digunakan pada arah memanjang umumnya antara 0,6 % dan 0,8 % dari luas penampang melintang beton, dan jumlah tulangan dalam arah melintang lebih kecil dari arah memanjang. Pengalaman menunjukkan jika jumlah tulangan yang digunakan pada perkerasan kaku menerus dengan tulangan lebih kecil dari 0,6

%, maka potensi terjadinya kerusakan punch out akan menjadi lebih besar. Retak rambut terjadi pada perkerasan kaku menerus dengan tulangan, tetapi bukan merupakan masalah bagi kinerjanya. Karakteristik retak terdiri dari beberapa retakan, umumnya dengan jarak antara 0,6 m - 2,4 m. Retak-retak tersebut “dipegang” oleh tulangan yang ada sehingga agregat interlocking-nya serta penyaluran gaya geser masih dapat terjadi. Jika interlocking geser agregat tidak dijaga, maka kerusakan "punch out" pada tepi perkerasan akan terjadi, yang merupakan tipikal kerusakan perkerasan kaku menerus dengan tulangan.

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan memerlukan anker pada awal dan akhir dari perkerasan, untuk menahan ujung-ujungnya dari kontraksi akibat dari penyusutan, serta membantu perkembangan retak sesuai dengan yang diinginkan. Untuk pelaksanaan penulangan akan ditampilkan dalam gambar 3.6 berikut



Gambar 3.6 Sambungan pelaksanaan melintang dan tulangan pada perkerasan menerus dengan tulangan  
(Sumber: Diklat Perkerasan kaku KemenPUPR, 2017)

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan ini akan memberikan kenyamanan berkendara yang lebih baik, karena permukaannya lebih rata, serta mempunyai umur yang lebih panjang dari tipe perkerasan lainnya. Survey yang dilakukan oleh ACPA tahun 1999, menemukan hanya delapan negara bagian di Amerika Serikat yang membangun perkerasan kaku menerus dengan tulangan ini. Studi yang dilakukan pada tahun 2000 tentang kinerja perkerasan kaku di Amerika Serikat bagian tenggara terhadap jalan

CRCP di negara bagian Alabama, Florida, Mississippi, Carolina utara dan Carolina Selatan, membuktikan kinerja CRCP sangat bagus. Pada saat survey dilakukan umur perkerasan tersebut antara 21 dan 30 tahun dan telah melayani lalu lintas berat, serta mempunyai kondisi sangat bagus sampai luar biasa dengan nilai serviceability 4 atau lebih.

Biaya untuk perkerasan kaku menerus dengan tulangan lebih mahal dari perkerasan bersambung tanpa tulangan atau perkerasan bersambung dengan tulangan, disebabkan oleh jumlah tulangan yang digunakan cukup banyak. Akan tetapi perkerasan kaku menerus dengan tulangan telah terbukti mempunyai pembiayaan yang efektif pada jalan dengan lalu lintas yang tinggi, disebabkan oleh kinerja jangka panjangnya yang lebih baik dibandingkan dengan jenis perkerasan kaku lainnya.

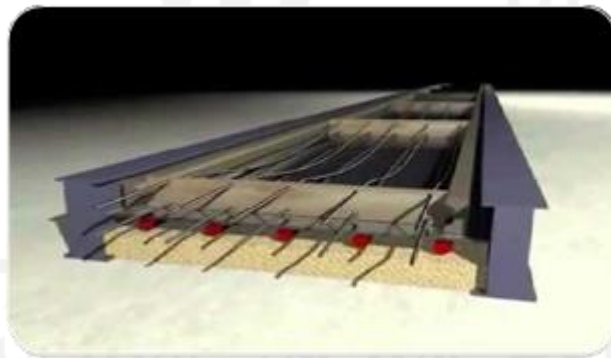
#### 4. Perkerasan Kaku Prategang (*Prestress Concrete Pavement*)

Perkerasan kaku prategang diperkenalkan di akhir tahun 1940 an dan pertama kali digunakan di lapangan terbang. Sekitar tahun 1959 dua pelat pratekan digunakan di lapangan terbang militer Priggs di Texas. Perkerasan kaku tanpa tulangan setebal 60 cm diganti dengan perkerasan kaku prategang setebal 23 cm. Di lapangan terbang internasional Chicago O'Hax, yaitu perkerasan kaku prategang setebal antara 20,3 cm dan 22,8 cm diletakan diatas perkerasan kaku menerus dengan tulangan lama dengan tebal 30,5 cm.

Beberapa dari proyek tersebut mempunyai strand untuk prategang hanya dalam satu arah saja, sehingga cenderung terjadi retak searah dengan strand, akibat tidak adanya tegangan tekan dalam arah melintang. Perkerasan kaku prategang dengan tebal 15 cm yang diberi tegangan tekan dalam ke dua arah, dengan panjang proyeknya 1600 m di Texas; masih dalam kondisi baik setelah berumur 17 tahun.

Puslitbang Jalan dan Jembatan, telah membuat jalur percobaan dengan perkerasan kaku prategang pada tahun 2011 di Buntu, Jawa Tengah, sepanjang 80 m, Lebar 7 meter dan tebal 20 cm.

Pada perkerasan kaku konvensional, tegangan akibat beban roda dibatasi oleh kuat tarik lentur dari beton, jadi tebal perkerasan ditentukan oleh tegangan tarik yang terjadi akibat beban roda tidak melampaui kuat tarik lentur dari beton. Pada jenis perkerasan kaku konvensional, beton antara serat atas dan serat bawah dari pelat tidak dimaksimalkan untuk menahan tegangan akibat beban roda, yang hasilnya penggunaan bahan konstruksi tersebut tidak efisien. Sedangkan pada perkerasan beton prategang, kuat tarik lentur beton ditingkatkan dengan memberikan tegangan tekan dan tidak dibatasi lagi oleh kuat tarik lentur betonnya. Dengan demikian tebal perkerasan kaku yang dibutuhkan untuk beban tertentu akan lebih tipis dari tebal perkerasan kaku konvensional. Perkerasan kaku jenis prategang, yang umum dilaksanakan, mempunyai ukuran panjang pelat sekitar 130 m. Tetapi di Amerika telah dibangun dengan panjang pelat 230 m, dan di Eropa dengan panjang pelat lebih dari 300 m. Tebal perkerasan kaku prategang sekitar 40% sampai 50% dari tebal perkerasan kaku konvensional. Skema dari perkerasan kaku prategang ditunjukkan pada gambar 3.7 berikut



Gambar 3.7 Skema Perkerasan Kaku Prategang  
(Sumber: Diklat Perkerasan kaku KemenPUPR, 2017)

##### 5. Perkerasan Kaku Pracetak

Perkerasan kaku pracetak dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

- a. Perkerasan kaku pracetak tanpa prategang
- b. Perkerasan kaku pracetak dengan prategang

Perkerasan kaku pracetak prategang, telah dibuat di negara bagian Missouri dan Indiana, Amerika Serikat pada tahun 2005. Perkerasan ini terdiri dari

individual panel yang dicetak terlebih dahulu serta diberi pratekan dengan tebal pelat 20 cm dan dicetak selebar perkerasan jalan. Perkerasan kaku pracetak prategang ini kurang lebih mempunyai kapasitas menerima beban lalu lintas, setara dengan perkerasan kaku konvensional setebal 35,5 cm.

Pada perkerasan kaku pracetak prategang ini, ada tiga tipe jenis pelat yang digunakan, yaitu:

- a. *joint panel*, terletak di ujung-ujung dari masing-masing bagian rangkaian pelat pratekan dan mempunyai ruji pada sambungannya untuk mengakomodir pergerakan horizontal pelat
- b. *central panel*, terletak ditengah-tengah dari rangkaian pelat dan terdapat lubang (*pocket*) untuk penempatan ujung-ujung posttensional *strand base panel*, pelat-pelat yang dominan membentuk suatu sistem perkerasan, yang diletakkan diantara *joint panel* dan *central panel*.

Dalam pelaksanaannya, pada suatu tahapan kegiatan, harus dilaksanakan paling sedikit satu segmen yang mencakup susunan pelat dari joint panel ke joint panel berikutnya. Pelat-pelat tersebut diletakkan di atas lapisan pondasi yang sudah siap dan rata, sedangkan pelat-pelat tersebut pada kedua sisinya dilengkapi dengan lidah - alur (*shear key*) yang mengontrol alinyemen vertikal selama pelaksanaan dan menjamin kenyamanan pengendara untuk mencegah terjadinya "*faulting*".

Keuntungan dari perkerasan kaku pracetak ialah terjaganya kualitas beton tetap tinggi sesuai yang direncanakan, pengaruh akibat cuaca sangat kecil, dan selama pelaksanaan tidak terlalu mengganggu lalu lintas.

Pada tahun 2010 jenis perkerasan kaku pracetak prategang telah diaplikasikan di Indonesia di ruas jalan tol Kanci - Pejagan (Provinsi Jawa Barat - Jawa Tengah). Jalur tol ini menghubungkan Kanci yang berada di Kabupaten Cirebon Km 231+000 (Km 0) hingga Pejagan di Kabupaten Brebes (provinsi Jawa Tengah) pada Km 266+000 (Km 0 Jkt). Total panjang jalan tol ini 35 km, dan panel yang dibuat dengan ukuran 8 m x 2,5 m x 0,20 m (panjang x lebar x tebal), serta dipasang secara melintang terhadap sumbu jalan,

Pada tahun 2011 jalan pracetak prategang lainnya, yang dibuat di Indonesia ialah di ruas Jalan Pantura di daerah Ciasem - Subang Jawa Barat. Pracetak dan prategang yang dilaksanakan di sini serupa dengan jalan pracetak prategang yang telah dilaksanakan di jalan tol Kanci – Pejagan, yang pemasangan pelatnya juga melintang jalan. Panjang jalan dengan pracetak prategang di Ciasem ini hanya 1,8 Km.

Salah satu perbedaan antara jalan tol Kanci-Pejagan dan daerah Ciasem - Pantura (Kabupaten Subang) ialah pada jalan tol Kanci-Pejagan merupakan jalan baru sehingga tidak ada gangguan lalu lintas sedangkan pada lokasi di Ciasem - Subang merupakan jalan yang sudah ada sehingga pengaruh lebar jalan dan lalu lintas menjadi hal yang menjadi pertimbangan dalam perancangan maupun pelaksanaannya.

Dari beberapa jenis perkerasan kaku yang sudah di jelaskan diatas, jenis perkerasan kaku yang digunakan dalam penelitian ini ialah jenis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan. Sehingga tidak menggunakan tulangan pada keseluruhan perkerasan kaku melainkan hanya menggunakan tulangan pada sambungan memanjang dan melintang saja.

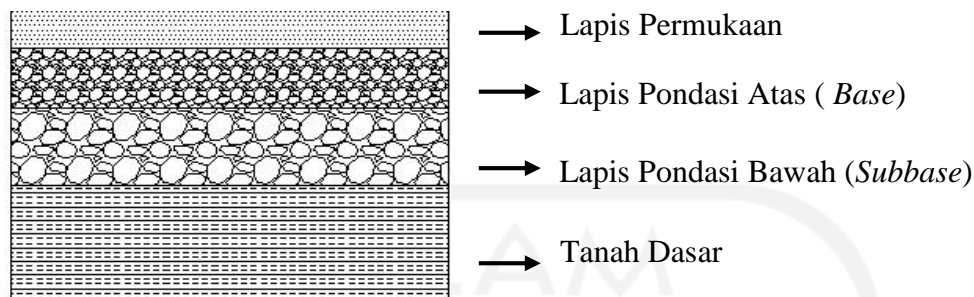
### 3.2.2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur merupakan perkerasan jalan yang menggunakan campuran aspal sebagai lapisan atas dan material *granular* sebagai lapisan bawah. Supaya pembangunan jalan yang direncanakan dapat optimal, perlu dilakukan kajian yang lebih mendalam terhadap penerapannya, tidak hanya dari segi ekonomi, tergantung pada kondisi setempat, tingkat kebutuhan, kelayakan dan persyaratan teknis lainnya.

Menurut Asiyanto (2010) konstruksi perkerasan lentur terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah/atas (*subbase/base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Lapis-lapis perkerasan lentur tersebut menurut Sukirman (1992) bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.



Untuk contoh penampang lapisan perkerasan lentur akan ditampilkan dalam Gambar 3.8 berikut ini



Gambar 3. 8 Lapisan Perkerasan Lentur  
 (Sumber:Kartadipura, 2011)

### 3.2.3 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit yaitu gabungan struktur perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan lapisan perkerasan lentur di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini berkerja sama dalam memikul beban lalu lintas (Hadiwiyono,2013).

Dari penjelasan jenis perkerasan tersebut maka perlu dijelaskan lebih lanjut terkait perbedaan antar jenis perkerasan sebagai pertimbangan dalam memilih jenis lapis perkerasan pada penelitian yang akan dilakukan. Perbandingan yang akan dijelaskan dalam hal ini perkerasan kaku dan perkerasan lentur saja.

### 3.3 Perbandingan Perkerasan Kaku dan Lentur

Menurut Hadiwiyono (2013) perkerasan kaku dan lentur dibandingkan dalam beberapa poin seperti ditampilkan dalam Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Perbedaan Perkerasan Kaku dengan Perkerasan Lentur

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

Lanjutan Tabel 3.1 Perbedaan Perkerasan Kaku dengan Perkerasan Lentur

Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
2. rancangan job mix lebih mudah untuk dikendalikan kualitasnya. Elastisitas antara lapis permukaan dan pondasi sangat berbeda	2. Kondisi kualitas untuk job mix agak rumit karena harus diteliti baik dilaboratorium sebelum dihampar, maupun setelah dihampar dilapangan
3. rongga udara didalam beton tidak dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume beton. Pada umumnya diperlukan sambungan untuk mengurangi tegangan akibat perubahan temperatur. Dapat bertahan untuk kondisi yang lebih buruk	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
4. Umur rencana dapat mencapai 15-40 tahun. Jika terjadi kerusakan, maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat akan meluas	4. umur rencana relatif pendek 5-10 tahun. kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air
5. indeks pelayanan hampir tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika saluran melintang dikerjakan dan dipelihara dengan baik	5. indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring bejalannya waktu dan frekuensi beban lalu lintas
6. pada umumnya biaya konstruksi tinggi	6. pada umumnya biaya awal konstruksi rendah terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah. Tetapi hampir sama untuk jenis konstruksi jalan berkualitas tinggi.
7. pelaksanaan relatif sederhana kecuali pada sambungan-sambungan	Pelaksanaan cukup rumit disebabkan kendali kualitas harus diperhatikan pada sejumlah parameter termasuk kendali terhadap temperatur



Lanjutan Tabel 3. 1 Perbedaan Perkerasan Kaku dengan Perkerasan Lentur

Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
8. Sangat penting untuk melaksanakan pemeliharaan terhadap sambungan	8. biaya pemeliharaan yang dikeluarkan mencapai lebih kurang da kali lebih besar daripada perkerasan kaku
9. Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat melakukan pelapisan ulang. Apabila lapisan permukaan akan dilapisi ulang, maka untuk mencegah terjadinya retak, refleksi biasanya dibuat tebal perkerasan >10 cm	9. pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebaan perkerasan yang diperlukan lebih mudah menentukan perkiraan saat pelapisan ulang harus dilakukan
10. Kekuatan konstruksi perkerasan kaku ditentukan oleh kekuatan lapisan beton sendiri (tanah dasar tidak terlalu menentukan)	10. kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh kemampuan penyebaran tegangan setiap lapisan dan ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan kekuatan tanah dasar yang dipadatkan
11. Yang dimaksud dengan tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal lapisan beton tidak termasuk pondasi	11. yang dimaksud dengan tebal konstruksi perkerasan lentur yaitu tebal seluruh lapisan yang ada diatas tana dasar

Sumber: Hadiwiyono, Metode Pelaksanaan Perkerasan Jalan, 2013

Menurut Haryanto dan Utomo (2012) dalam mempertimbangkan pemilihan jenis perkerasan jalan perlu melibatkan beberapa faktor sebagai pertimbangan, antara lain faktor teknis, pendanaan, kenyamanan dan keamanan berkendara bahkan seringkali harus mempertimbangkan aspek politik.

Haryanto dan Utomo (2012) mengatakan bahwa rencana perkerasan jalan nantinya melewati permukaan tanah dasar yang sudah keras maka secara teknis cukup digunakan struktur perkerasan lentur. Jika rencana jalan terpaksa melewati daerah yang tanah dasarnya berdaya dukung jelek, maka secara teknis jenis perkerasan kaku lebih stabil dalam mendukung beban. Namun perkerasan lentur

pada umumnya memberikan kenyamanan yang lebih baik dibandingkan perkerasan kaku. Dilihat dari pembiayaan, terdapat sisi *plus* dan *minus* masing-masing tipe perkerasan jalan.

Haryanto dan Utomo (2012) berpendapat bahwa perkerasan lentur memerlukan perawatan baik rutin maupun berkala guna mempertahankan kinerjanya agar tetap baik, sedangkan perkerasan kaku pada umumnya dianggap tidak memerlukan perawatan rutin maupun berkala. Namun, biaya pembangunan konstruksi perkerasan kaku lebih tinggi dari biaya pembangunan konstruksi perkerasan lentur.

Berdasarkan pertimbangan tersebut maka dipilih perkerasan kaku sebagai desain perkerasan pada salah satu ruas jalan yang akan diteliti. Pemilihan itu dikarenakan beban lalu lintas dari ruas jalur tersebut yang cukup tinggi diakibatkan angkutan muatan truk tambang pasir. Selain itu, posisi ruas jalan tersebut sebagai jalur evakuasi bencana membutuhkan perkerasan yang mampu bertahan lama tanpa perlu perawatan yang besar, sehingga ketika terjadi bencana dapat mampu mendukung proses evakuasi warga sekitar.

Berdasarkan penjelasan tersebut serta penelitian yang bertujuan untuk mendesain perkerasan kaku maka selanjutnya perlu diterangkan terkait prosedur ataupun tahapan desain perkerasan kaku.

### **3.4 Perencanaan Perkerasan Kaku**

Penelitian ini berpedoman pada Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003 (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003) dan Manual Desain Perkerasan Jalan (Bina Marga, 2013) selanjutnya disingkat MDPJ 2013, sebagai pedoman dalam mendesain atau merancang perkerasan kaku pada ruas jalan deles indah, Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah.

Metode perencanaan perkerasan kaku didasarkan pada :

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisi selama umur rencana
2. Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR
3. Kekuatan beton yang digunakan
4. Jenis bahu jalan
5. Jenis perkerasan

## 6. Jenis penyaluran beban

Berikut ini dijelaskan persyaratan teknis dari perencanaan perkerasan kaku yang dibagi menjadi beberapa poin.

### 3.4.1 Tanah Dasar dan Pondasi Bawah

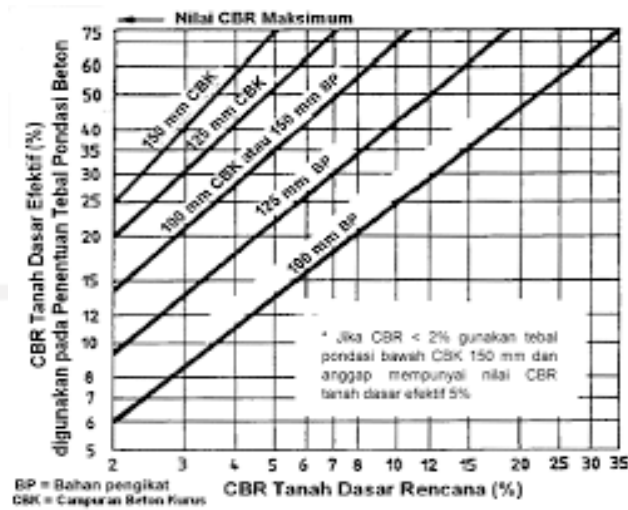
#### a. Tanah Dasar

Bersumber pada MDPJ 2013 yang diartikan dengan tanah dasar adalah permukaan tanah asli maupun permukaan galian maupun permukaan tanah timbunan yang berhubungan langsung (kontak) dengan susunan terbawah perkerasan, biasanya lapis pondasi dasar (*sub base*).

Lapis tanah dasar sendiri wajib dibangun sesuai dengan profil desain dan penampang melintang perkerasan, serta wajib dipadatkan pada 100% kepadatan kering ringan pada kedalaman 30% serta wajib memenuhi CBR desain. Berangkat dari uraian tersebut Bina Marga juga memaparkan jika perkerasan memerlukan tanah dasar yang:

1. Memiliki setidaknya CBR rendaman minimum desain
2. Dibentuk dengan baik
3. Terpadatkan dengan benar
4. Tidak sensitif terhadap hujan
5. Mampu mendukung lalu lintas konstruksi

Dalam Pd T-14-2003 daya dukung tanah bawah ditetapkan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 maupun CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989. Apabila tanah dasar memiliki nilai CBR lebih kecil dari 2% wajib dipasang pondasi dasar yang dibuat dari beton kuru (*Lean Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap memiliki nilai CBR tanah dasar efisien 5%. Berikut disajikan pada Gambar 3.9 tentang grafik CBR tanah dasar efisien yang digunakan pada penentuan tebal pondasi beton.

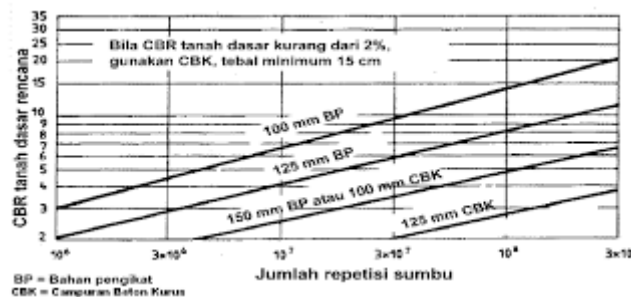


Gambar 3. 9 CBR Tanah Dasar Efektif Dan Tebal Pondasi Bawah (sumber: Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah,2003)

b. Pondasi Bawah

Menurut Pd T- 14- 2003 bahan pondasi dasar bisa berbentuk bahan berbutir, stabilisasi maupun dengan beton korus giling padat, serta kombinasi beton korus. Lapis pondasi dasar sendiri menurut pedoman tersebut butuh diperlebar hingga 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen.

Guna ketebalan sendiri, pedoman tersebut mensyaratkan tebal susunan minimum sebesar 10 cm Tebal susunan minimum tersebut paling sedikit wajib memiliki kualitas sesuai dengan SNI 03- 6388- 2000 serta AASHTO M- 155 dan SNI 03- 1743- 1989. Tebal lapis pondasi minimum yang dianjurkan bisa dilihat dalam Gambar 3. 10 berikut ini.



Gambar 3. 10 Tebal Pondasi Bawah Mnimum Untuk Perkerasan Kaku (Sumber: Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah, 2003)

Setelah *subgrade* dan *subbase*, berikut akan dijelaskan persyaratan teknis beton semen sesuai dengan pedoman yang telah disebutkan.

#### 3.4.2 Beton Semen

Manual Pd T-14-2003 menjelaskan bahwa kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat lentur pada umur 28 hari. Kekuatan desain dinyatakan dalam kekuatan tarik lentur karakteristik bulat hingga 0,25 MPa terdekat. Hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik beton dapat didekati dengan Persamaan 1.

$$f_{cf} = K \times (f_{c'})^{0.5} \quad (3.1)$$

dengan:

$f_{c'}$  = Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (MPa)

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

$K$  = Konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah. 0,75 untuk agregat pecah.

Selanjutnya akan dijelaskan persyaratan teknis seputar beban lalu-lintas.

#### 3.4.3 Lalu Lintas

Pd T-14-2003 menjelaskan bahwa secara umum parameter lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan perkerasan jalan meliputi analisis volume lalu lintas, konfigurasi gandar kendaraan niaga, lajur rencana dan koefisien distribusi, rencana umur, pertumbuhan lalu lintas, rencana lalu lintas, dan faktor keselamatan beban.

##### a. Analisis volume lalu lintas

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survei faktual. Untuk tujuan dari Perencanaan volume lalu lintas diperoleh dari:

1. Survei lalu lintas aktual, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Penerapan survei berkaitan dengan pedoman sensus lalu lintas.
2. Hasil survei lalu lintas sebelumnya
3. Untuk jalan dengan lalu lintas sedikit, Anda dapat menggunakan nilai perkiraan pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3. 2 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah

Deskripsi Jalan	LHRT dua Arah	Kendaraan berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana	Pertumbuhan lalu lintas (%)	Faktor pertumbuhan lalu lintas	Kelompok sumbu	Kuulatif HVAG	ESA/HVAG(Overloaded)	Lalin desain indikatif (pangkat 4) overloadd
Jalan desa minor dengan akses kendaraan teratas	30	3	20	1	22	2	14,454	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil 2 arah	90	3	20	1	22	2	21,681	3,16	$7 \times 10^4$
Jalan lokasl	500	6	20	1	22	2,1	252,945	3,16	$8 \times 10^4$
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473,478	3,16	$1,5 \times 10^4$
Jalan kolektor	2000	7	20	3,5	282	2,2	1.585.122	3,16	$5 \times 10^4$

Sumber: Bina Marga, Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013

Dalam penelitian ini data lalu lintas yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder tersebut yaitu data yang diperoleh dari instansi terkait yang merupakan data lalu lintas ruas jalan deles indah di Kecamatan Kemalang.

#### b. Konfigurasi Sumbu Kendaraan Niaga

Pd T-14-2003 menjabarkan bahwa kendaraan niaga adalah kendaraan yang memiliki minimal dua sumbu atau lebih, setiap kelompok ban memiliki minimal satu roda tunggal dan berat total minimal 5 ton. Desain sumbu kendaraan komersial atau niaga dimaksudkan untuk mewakili jumlah beban, yang dirancang untuk diangkut oleh kendaraan. Konfigurasi sumbu perencanaan terdiri dari 4 jenis kelompok sumbu, antara lain :

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG)

3. Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
  4. Sumbu tridem roda ganda (STrRG)
- c. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana ialah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu- lintas kendaraan niaga terbanyak. Jika jalan tidak mempunyai tanda batasan lajur, sehingga jumlah lajur serta koefisien distribusi (C) kendaraan niaga bisa ditetapkan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 3. 3 berikut ini.

Tabel 3. 3 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasandan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$Lp < 5,50 \text{ M}$	1 Lajur	1	1
$5,50 \text{ M} \leq Lp < 8,25 \text{ M}$	2 Lajur	0,7	0,5
$8,25 \text{ M} \leq LP < 11,25 \text{ M}$	3 Lajur	0,5	0,475
$11,23 \text{ M} \leq Lp < 15 \text{ M}$	4 Lajur	-	0,45

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

- d. Umur Rencana

Umur Rencana ialah jumlah waktu dalam tahun dihitung dari mulai dibukanya jalan tersebut sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Untuk perkerasan kaku biasanya digunakan umur rencana 20 tahun sampai 40 tahun seperti dijelaskan pada Tabel 3.4 yang menjelaskan antara hubungan jenis perkerasan, elemen perkerasan dengan umur rencana.



Tabel 3. 4 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana
Perkerasan lentur	lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	pondasi jalan	40
	semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal : jalan perkotaan, underpass, jebatan, terowongan	
	Cement Treated Base	
Perkerasan kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan	40
Jalan tanpa penutup	semua elemen	minimum 10

Sumber: Bina Marga, Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013

#### e. Pertumbuhan Lalu Lintas

Sukirman (1999) menerangkan bahwa pertumbuhan lalu lintas ialah jumlah kendaraan yang memakai jalan dari tahun ke tahun yang dipengaruhi oleh perkembangan daerah, bertambahnya kesejahteraan masyarakat, naiknya kemampuan membeli kendaraan faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen / tahun. Volume lalu lintas akan bertambah sesuai umur rencana ataupun hingga tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas yang dapat ditentukan berdasarkan persamaan 3.2.

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \quad (3.2)$$

Dengan :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

I = laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

#### f. Lalu Lintas Rencana

Lalu- lintas rencana merupakan jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana sepanjang usia rencana, meliputi proporsi sumbu dan juga distribusi

beban pada tiap tipe sumbu kendaraan. Beban pada suatu tipe sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bilamana diambil dari survai beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga sepanjang usia rencana dihitung dengan Persamaan 3.3.

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (3.3)$$

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 lalu lintas

C = koefisien distribusi kendaraan

g. Faktor Keamanan Beban

Saat penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 3.5

Tabel 3. 5 Faktor Keamanan Beban (FKB)

No.	Penggunaan	Nilai F <sub>KB</sub>
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 menggunakan data lalu dari hasil survei beban ( <i>weight in motion</i> ) dan adanya kemungkinan route alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan ( <i>freeway</i> ) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

Sumber: Departemen pemukiman & prasarana wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003

#### 3.4.4 Bahu

Bahu jalan ialah bagian tepi jalan yang dipergunakan sebagai tempat kendaraan yang alami kerusakan parah ataupun digunakan oleh kendaraan darurat semacam ambulans, pemadam kebakaran, polisi yang sedang menuju tempat yang membutuhkan pertolongan mendesak disaat jalan sedang mengalami kemacetan tinggi.

Bahu bisa dibuat dari bahan susunan pondasi dasar dengan maupun tanpa susunan penutup beraspal ataupun susunan beton semen. Perbandingan kekuatan antara bahu dengan jalan lalu- lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut bisa diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan menaikkan kinerja perkerasan serta mengurangi tebal pelat. Yang diartikan dengan bahu beton semen dalam pedoman ini ialah bahu yang dikunci serta diikatkan dengan lajur lalu- lintas dengan lebar minimum 1,50 meter, ataupun bahu yang menyatu dengan lajur lalu- lintas selebar 0,60 meter, yang juga bisa mencakup saluran serta kereb.

#### 3.4.5 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen diperuntukan guna membatasi tegangan serta pengendalian retak yang diakibatkan oleh penyusutan serta pengaruh lenting dan beban lalu- lintas, mempermudah pelaksanaan, mengakomodasi gerakan pelat. Seluruh sambungan wajib ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dulu wajib diberi bahan pengisi (*joint filler*).

Seperti yang diketahui tipe perkerasan kaku yang direncanakan merupakan perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT) ataupun *Jointed Plain Concrete Pavement* (JPCP) dimana hanya terdapat batang pengikat (*Tie Bars*) yang diletakkan pada sambungan memanjang (*longitudinal joint*). Sedangkan pada sambungan melintang (*transversal joint*) diletakkan ruji ataupun dowel.

Pd T-14-2003 menarangkan kalau batang pengikat pada sambungan memanjang wajib sesuai dengan kualitas minimum BJTU- 24 serta berdiameter 16 milimeter. Pada riset batang pengikat digunakan dimensi minimum yaitu

berdiameter 16 milimeter. Berikutnya untuk panjang batang pengikat ditetapkan dengan Persamaan 3. 4.

$$I = (38,3 \times \Phi) + 75 \quad (3.4)$$

Dengan :

I = panjang batang pengikat (mm)

$\Phi$  = diameter atang pengikat yang dipilih (mm)

Sedangkan jarak antar batang pengikat berdasarkan Pd T-14-2003 yakni 75 cm. Selanjutnya untuk penentuan diameter, panjang dan jarak antar ruji diperoleh dari Tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 3. 6 Diameter,Panjang dan Jarak Ruji Sesuai Tebal Perkerasan

Tebal Perkerasan		Ruji					
		Diameter		Panjang		Jarak	
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
6	150	0,5	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1,25	32	18	450	12	300
10	250	1,25	32	18	450	12	300
11	275	1,25	32	18	450	12	300
12	300	1,5	38	18	450	12	300
13	325	1,5	38	18	450	12	300
14	350	1,5	38	18	450	12	300

Sumber: E.J Yoder, *Principles of Pavement Design* 2<sup>nd</sup> Ed,1959

#### 3.4.6 Prosedur Desain Tebal Perkerasan

Prosedur desain tebal perkerasan beton semen didasarkan atas 2 model kerusakan ialah retak fatik( lelah) tarik lentur pada pelat serta erosi pada pondasi dasar ataupun tanah bawah yang disebabkan oleh lendutan berulang pada sambungan serta tempat retak yang direncanakan. Prosedur ini memperhitungkan terdapat tidaknya ruji pada sambungan ataupun bahu beton.

Informasi lalu- lintas yang dibutuhkan merupakan tipe sumbu serta distribusi beban dan jumlah repetisi tiap- tiap tipe sumbu/ campuran beban yang diperkirakan sepanjang usia rencana. Sesudah itu dicari nilai JSKN menggunakan Persamaan 3. 3.

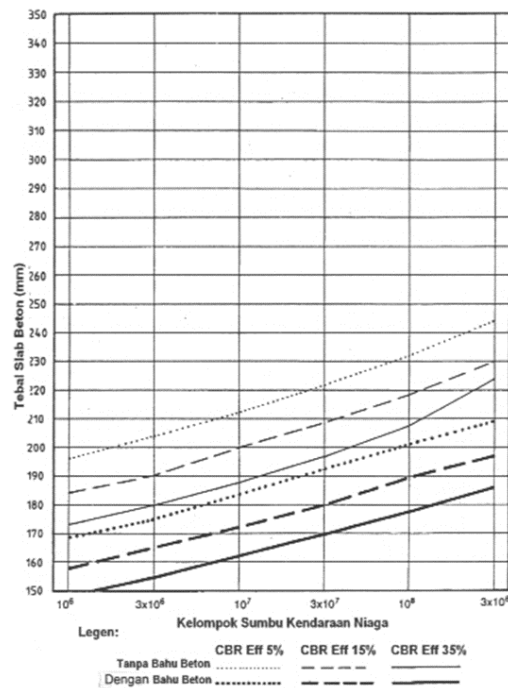
Sesudah JSKN diperoleh selanjutnya perlu dicari jumlah pengulangan sumbu yang terjadi. Jumlah pengulangan sumbu yang terjadi didapat dari penjumlahan masing-masing pengulangan sesuai konfigurasi beban serta sumbu kendaraan. Perhitungan pengulangan sumbu diperoleh dari persamaan 3.5

$$\text{Pengulangan sumbu} = \text{proporsi beban} \times \text{proporsi sumbu} \times \text{JSKN} \quad (3.5)$$

Berikutnya diperhitungkan jenis serta tebal pondasi menurut Gambar 3.3 yang memerlukan nilai CBR tanah dasar efektif. Tahap berikutnya yaitu menentukan CBR tanah dasar efektif yang dapat diperoleh dari Gambar 3.4.

Berikutnya tebal pelat perkiraan dipilih serta total fatik dan kerusakan erosi dihitung berdasarkan kombinasi lalu lintas selama umur rencana. Apabila kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal perkiraan dinaikkan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana merupakan tebal perkiraan yang paling minim yang mempunyai total fatik serta ataupun total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

Dalam hal penentuan tebal perkerasan perkiraan, menggunakan Gambar 3.11 Grafik hubungan kelompok sumbu kendaraan niaga dengan tebal perkerasan serta CBR tanah dasar efektif



Gambar 3. 11 Grafik Hubungan Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga dengan Terbal Perkerasan Serta CBR Tanah Dasar Efektif

Setelah tebal perkiraan didapatkan,berikutnya melakukan analisa fatik dan erosi. Menurut Pd-T-14-2003 untuk analisa fatik dan erosi perlu diperhitungkan terlebih dahulu tegangan ekivalen dan faktor erosi sesuai dengan kategori smbu kendaraannya antara lain STRT, STRG, dan STdRG. Niai tegangan ekivalen serta faktor erosi diperoleh dari lampiran 1 dengan memasukkan nilai tebal perkerasan dan CBR tanah dasar efektif.

Sesudah tegangan ekivalen dan faktor erosi sesuai konfigurasi beban dan sumbu kendaraan niaga didapatkan, maka perlu dicari Faktor Rasio Tegangan (FRT)csesuai dengan konfigurasi smu kendaraan. Guna menghitung FRT menggunakan persamaan berikut

$$FRT = \frac{TE}{fcf} \quad (3.6)$$

Dengan :

FRT = Faktor Rasio Tegangan

TE = Tegangan Ekivalen

$F_{cf}$  = kuat tarik lentur beton pada umur 28 hari

Kuat tarik lentur beton saat umur 28 hari ditentukan melalui persamaan 3.1 . setelah FRT tiap sumbu diketahui maka analisa fatik dan erosi dapat dilakukan. Analisa fatik dan erosi dalam hal ini diterjemahkan sebagai presentase kerusakan yang didapat dari rumus berikut

$$\text{Presentase kerusakan} = \frac{(\text{Repetisi yang terjadi} \times 100)}{\text{repetisi ijin}} \quad (3.7)$$

Dengan :

I = jenis konfigurasi beban dan sumbu kendaraan

Berikutnya dalam menentukan repetisi ijin dibutuhkan input beban tiap roda pada kelompok sumbu kendaraan atau beban rencana serta nilai FRT. Beban rencana tiap roda didapatkan dari hasil perkalian antara beban sumbu dengan jumlah roda dalam satu sumbu tersebut serta faktor keamanan beban. Beban sumbu kendaraan sendiri menggunakan konfigurasi beban yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir Putranto dan Ridwansyah (2016) berjudul “Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol Karanganyar-Solo”. Berikut ditampilkan beban sumbu yang digunakan

Tabel 3. 7 Beban Sumbu Kendaraan

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (Kn)
STRT	83
STRG	182
STdRG	250

Sumber: Ditjen Bina Marga No. 01/ MN/ BM/ 1983  
dan Permenhub No. 14 Tahun 2007

Setelah diketahui beban rencana sesuai jenis konfigurasi sumbu kendaraan maka nilai repetisi ijin dapat didapat dari nomogram analisa fatik dan eban repetisi ijin tanpa bahu beton yang dilampirkan pada Lampiran 2 dan Lampiran 3.



Ringkasan langkah-langkah perencanaan tebal pelat diperlihatkan pada Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Prosedur Desain Tebal Perkerasan

Langkah	Uraian Kegiatan
1	Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan
2	Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan
3	Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkirakan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari
6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas
7	Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia)
8	Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT
9	Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda $\geq 65$ kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari gambar 19, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut
12	Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin

Lanjutan Tabel 3. 8 Prosedur Desain Tebal Perkerasan

Langkah	Uraian Kegiatan
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari gambar 20 atau 21
14	Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin
15	Ulangi langkah 11 sampai 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 19 dan Gambar 20 atau Gambar 21 yang masing masing mencapai 10 juta dan 100 juta repetisi
16	Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban rodada pada STRT tersebut
17	Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya
18	Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu
19	Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$ . Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan

Sumber: Departemen Pemukiman & prasarana wilayah, perencanaan perkerasan jalan beton semen, 2003

Berdasarkan dari penjelasan diatas dan juga peneltian yang bertujuan untuk mendesain perkerasan jalan dan menganalisa kelayakan ekonomi maka dalam hal ini perlu dijelaskan terkait ekonomi teknik dan kelayakan ekonomi.

### 3.5 Ekonomi Teknik

Sebelum menjabarkan mengenai ekonomi teknik atau *engineering economy* maka perlu dijelaskan secara satu persatu makna dari tekni (*engineering*) dan ekonomi (*economy*).

Teknik ataupun *engineering* dalam definisi yang dibuat Accreditation for Engineering and Technology (ABET) merupakan “*the profession in which the knowledge gained in physics, chemistry, life sciences, and mathematics is applied to make products in large scale that increase the prosperity of man.*” Dari penafsiran itu teknik merupakan suatu profesi (bidang pekerjaan) yang mempraktikkan ilmu pengetahuan semacam fisika, kimia, sains serta matematika dalam menciptakan produk berskala besar guna meningkatkan kesejahteraan manusia.

Sementara itu ekonomi ataupun *economy* ialah “*consists of the sum total of all income from goods produced and services offered in a state or nation.*” Dalam penafsiran itu ekonomi merupakan total penghasilan dari kebutuhan pembuatan serta layanan yang ditawarkan di suatu negara ataupun bangsa. Sharma (2011)

Berdasarkan penjabaran diatas maka ekonomi teknik menurut sharma (2011) ialah suatu studi kelayakan dan evaluasi kemungkinan biaya dari permasalahan teknik (*engineering*).

Berkaitan dengan penelitian yang akan memperhitungkan kelayakan ekonomi teknik pada sebuah infrastruktur, dalam hal ini ruas jalan deles indah-obyek wisata Deles Indah, di Desa Sidorejo, Kemalang, Klaten, maka perlu dijaarkan tentang analisa ekonomi teknik.

Analisa ekonomi teknik ialah metode yang dipergunakan untuk menganalisis alternatif mana yang harus diaplikasikan secara sistematis, sesuai dengan kondisi tertentu. Alternatif tersebut menurut Putro (2005) muncul karena adanya keterbatasan dari sumber daya (material, manusia, mesin, kesempatan, uang, dll). Analisa ekonmi teknik melibatkan pembuatan keputusan terhadap berbagai penggunaan sumber daya yang terbatas.

Alternatif ini dapat berupa perbandingan biaya pilihan yang direkomendai, dapat pula analisis ekonomi melibatkan unsur risiko yang mungkin terjadi. Menurut Kodoatie (1995), “Selain membandingkan dengan berbagai macam biaya, analisis ekonomi juga dapat dikembangkan berdasar asas manfaat dari proyek yang bersangkutan”.

Metode dalam menganalisa kelayakan ekonomi teknik yang diaplikasikan oleh para ahli dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Nilai uang sekarang (*Present worth*)

Putro (2005) berpendapat bahwa nilai uang sekarang ialah nilai ekuivalen pada saat sekarang yakni waktu 0. Metode ini seringkali digunakan terlebih dahulu daripada metode lain karena biasanya relatif lebih mudah menilai suatu proyek pada saat sekarang.

2. Laju pengembalian modal (*rate of return*)

Laju pengembalian modal ialah ekuivalen dengan pengertian profit (keuntungan) dalam teori ekonomi. Perbandingan antara berbagai alternatif yang terdiri atas sejumlah keuntungan dan pengeluaran yang berbeda dengan periode yang berbeda dapat dilakukan dengan menghitung suku ungunya, dimana dengan suku bunga tersebut kedua alternatif ekuivalen.

3. Analisa Manfaat Biaya (*Benefit Cost Analysis*)

Analisa manfaat bayaran (*benefit cost analysis*) merupakan analisa yang sangat umum digunakan guna mengevaluasi proyek- proyek yang dibiayai oleh pemerintah. Analisa ini merupakan metode instan buat menaksir kemanfaatan proyek, dimana perihal ini dibutuhkan tinjauan yang panjang serta luas. Dengan kata lain dibutuhkan analisa serta penilaian dari bermacam sudut pandang yang relevan terhadap ongkos- ongkos ataupun utilitas yang disumbangkannya.

4. Titik impas (*Break event point*)

Dalam sebagian keadaan ekonomi, pengeluaran dari suatu alternatif barangkali menggambarkan peranan dari sesuatu variabel. Bila 2 ataupun lebih alternatif menggambarkan peranan dari sesuatu variabel yang sama, setelah itu mau ditentukan nilai dari variabel tersebut sedemikian hingga pengeluaran kedua alternatif tersebut sama. Nilai dari variabel yang diperoleh disebut sebagai titik (*break event point*).

Dari alternatif analisa kelayakan diatas maka yang akan dipergunakan dalam penelitian ini ialah metode analisa manfaat biaya. Hal tersebut dikarenakan objek penelitian termasuk dalam kategori infrastruktur atau sarana dan prasarana umum yang dibiayai oleh pemerintah.

### 3.6 Analisis Manfaat dan Biaya

Seperti yang sudah dijabarkan sebelumnya bahwa analisis manfaat biaya (*benefit cost analysis*) ialah analisis yang banyak digunakan untuk mengevaluasi proyek yang dibiayai oleh pemerintah. Penggunaan analisis manfaat dan biaya ini bertujuan untuk mencari nilai dari perbandingan antara manfaat dan biaya atau yang biasa disebut *Benefit Cost Ratio* (B/C Ratio).

Secara sederhana, B/C Ratio merupakan perbandingan antara *Present Value Benefit* dibagi dengan *Present Value Cost*. Hasil *B/C Ratio* suatu proyek dinyatakan layak secara ekonomi apabila nilai *B/C Ratio* lebih dari 1(satu). B/C Ratio digunakan untuk mengevaluasi kelayakan proyek dengan membandingkan total manfaat terhadap total biaya yang telah didiskonto ke tahun dasar dengan menggunakan nilai suku bunga diskonto selama tahun rencana. Persamaan B/C Ratio sebagai berikut:

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{\text{Present Manfaat}}{\text{Present Biaya}} \quad (3.7)$$

Dengan melakukan analisa manfaat dan biaya sebelum dilakukannya pekerjaan konstruksi akan memberikan beberapa manfaat/keuntungan, antara lain:

- a. Melakukan identifikasi tingkat kelayakan suatu proyek terhadap kepentingan nasional, dan melakukan penilaian apakah investasi yang dilakukan akan memberikan manfaat ekonomi yang cukup.
- b. Melakukan penilaian seberapa besar keuntungan yang akan diperoleh oleh penerima manfaat proyek tersebut bila dibandingkan dengan jika tidak ada proyek.
- c. Melakukan justifikasi terhadap biaya yang diperlukan untuk pembangunan proyek tersebut dan kemungkinan pengembalian investasi dalam kaitan dengan pembayaran kembali pinjaman ke pihak donor.
- d. Melakukan identifikasi terhadap resiko-resiko yang mungkin akan menjadi kendala bagi proyek untuk mencapai tujuan yang ditetapkan
- e. Melakukan identifikasi dampak proyek dalam mengurangi tingkat pengangguran di lokasi proyek.
- f. Melakukan identifikasi dampak proyek terhadap penghematan devisa negara

g. Melakukan identifikasi dampak proyek terhadap pemerataan pendapatan masyarakat terutama dalam peningkatan pendapatan masyarakat berpenghasilan rendah.

Berdasarkan itu kemudian akan dijabarkan apa manfaat dan biaya yang diperhitungkan dalam perencanaan pembangunan perkerasan kaku ruas jalan yang diteliti.

### 3.7 Manfaat (*Benefit*)

Manfaat menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah guna atau faedah, laba atau untung. Dari pengertian diatas maka dapat dikatakan bahwa manfaat-manfaat yang diperoleh itu tentunya akan menyebabkan perubahan terhadap suatu fungsi tertentu dalam suatu pranata.

Kuiper (dalam Kodoatie, 2002) berpendapat bahwa manfaat dapat dikategorikan menjadi:

1. Manfaat langsung, yaitu manfaat yang langsung diperoleh dari proyek
2. Manfaat tidak langsung, yakni manfaat yang secara tidak langsung memberikan keuntungan
3. Manfaat nyata, yakni manfaat yang dapat diukur dengan satuan nilai uang (*tangible benefit*)
4. Manfaat tidak nyata, yaitu manfaat yang tidak dapat diukur dengan satuan nilai (*intangible benefit*)

Dalam penelitian ini manfaat yang akan diperhitungkan hanya dari segi manfaat langsung yaitu penghematan biaya operasional kendaraan tidak tetap (BOK-TT). Berikutnya akan dijabarkan mengenai biaya operasional kendaraan.

#### 3.7.1 Biaya Operasional Kendaraan Tidak Tetap

Pedoman pra studi kelayakan Proyek jalan dan Jembatan PD T-18-2005-B menguraikan bahwa perhitungan biaya operasi kendaraan bertujuan untuk mengevaluasi peningkatan pekerjaan proyek pembangunan jalan dan jembatan berdasarkan kriteria ekonomi, sehingga dapat diketahui bahwa biaya yang dialokasikan mampu memberikan tingkat manfaat yang tinggi.

Manfaat yang dapat diperhitungkan menurut Pd-T-18-2005-B tersebut ialah penghematan biaya perjalanan, yakni selisih biaya perjalanan total dengan proyek (*with project*) dan tanpa proyek (*without project*).

Unit-unit BOK tidak tetap yang dihitung berpedoman pada Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap (*Running Cost*) Pd T-15-2005-B. Berikutnya akan diuraikan mengenai unit-unit BOK tidak tetap tersebut.

a. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Beberapa masukan data yang dibutuhkan guna menghitung biaya konsumsi bahan bakar ialah kecepatan rata-rata lalu lintas, percepatan rata-rata, simpangan baku percepatan, tanjakan dan turunan serta berat kendaraan total yang direkomendasikan.

Untuk kecepatan rerata lalu lintas perkerasan eksisting, karena perkerasan eksisting mengalami kerusakan parah, maka kecepatan rerata lalu lintas diasumsikan 10 km/jam untuk mobil penumpang, sedangkan untuk truk dan bis diasumsikan 5 km/jam.

Sementara untuk percepatan rerata dihitung menggunakan persamaan 3.8 yang didapat dari Pd-T-15-2005-B berikut ini:

$$Ar = 0,012 \times \frac{V}{C} \quad (3.8)$$

Dengan :

Ar = Percepatan rerata

V = Volume lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

Sedangkan untuk perhitungan simpangan baku percepatan menggunakan persamaan 3.9.

$$SA = SA \max \left( \frac{1,04}{1 + e^{(a_0 + a_1) V/C}} \right) \quad (3.9)$$

Dengan :

SA = simpangan baku percepatan ( $m/s^2$ )



SA ma = Simpangan baku percepatan maksimum ( $m/s^2$ ) (tipikal=0,75)

a0,a1 = volume lalu lintas (smp/jam)

V = Volume lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

Selanjutnya dalam perhitungan tanjakan dan turunan ditentukan melalui Tabel 3.9 tentang alinemen vertikal yang direkomendasikan dalam berbagai medan jalan berikut ini

Tabel 3. 9 Alinemen Vertikal yang Direkomendasikan Dalam Berbagai Medan Jalan

No	Kondisi Medan	Tanjakan rata-rata (m/km)	Turunan rata-rata (m/km)
1	Datar	2,5	-2,5
2	Bukit	12,5	-12,5
3	Pegunungan	22,5	-22,5

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan  
Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

Berikutnya untuk menentukan berat kendaraan total yang direkomendasikan digunakan Tabel 3.10 berikut

Tabel 3. 10 Berat Kendaraan Total yang Direkomendasikan Sesuai Jenis Kendaraan

Jenis kendaraan	Nilai minimum (ton)	Nilai maksimum (ton)
Sedan	1,3	1,5
Utiliti	1,5	2,0
Bus Kecil	3,0	4,0
Bus Besar	9,0	12,0
Truk Ringan	3,5	6,0
Truk Sedang	10,0	15,0
Truk Berat	15,0	25,0

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan  
Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

Berikutnya dalam menghitung biaya konsumsi bahan bakar minyak digunakan persamaan 3.10

$$BiBBM_j = KBBM_i \times HBBM_j \quad (3.10)$$

Dengan:

$BiBBM_j$  = biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan I (Rp/km)

$KBBM_i$  = konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (liter/km)

$HBBM_j$  = Harga bahan bakar untuk jenis BBM j (Rp/liter)

I = Jenis kendaraan

J = Jenis bahan bakar

Berdasar pada persamaan 3.10,  $KBBM_i$  perlu diperhitungkan terlebih dahulu.

Untuk mencari  $KBBM_i$  digunakan persamaan 3.11 berikut ini

$$KBBM_i = [\alpha + (\beta_1/VR) + (\beta_2 \times VR^2) + (\beta_3 \times RR) + (\beta_4 \times FR) + (\beta_5 \times FR^2) + (\beta_6 \times DTR) + (\beta_7 \times AR) + (\beta_8 \times SA) + (\beta_9 \times BK) + (\beta_{10} \times BK \times AR) + (\beta_{11} \times BK \times SA)] / 1000 \quad (3.11)$$

dengan:

$\alpha$  = Konstanta

$\beta_1 \dots \beta_{11}$  = Koefisien-koefisien parameter

VR = Kecepatan rata-rata

RR = Tanjakan rata-rata

FR = Turunan rata-rata

DTR = Derajat tikungan rata-rata

AR = Percepatan rata-rata

SA = Simpangan baku percepatan

BK = Berat kendaraan

Untuk nilai konstanta dan koefisien parameter pada rumus tersebut ditentukan dalam Tabel 3.11 mengenai nilai konstanta dan koefisien-koefisien parameter model konsumsi BBM.

Tabel 3. 11 Nilai Konstanta dan Koefisien-Koefisien Parameter Model Konsumsi Bahan Bakar Sesuai Jenis Kendaraan

Jenis kendaraan	$\alpha$	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>10</sub>	B <sub>11</sub>
Sedan	23,78	1181,2	0,0037	1,265	0,634			- 0,638	36,21			
Utiliti	29,61	1256,8	0,0059	1,765	1,197			132,2	42,84			
Bus Kecil	94,35	1058,9	0,0094	1,607	1,488			166,1	49,58			
Bus Besar	129,6	1912,2	0,0092	7,231	2,79			266,4	13,86			
Truk Ringan	70	524,6	0,002	1,32	0,945			124,4				50,02
Truk Sedang	97,7		0,0135	0,7365	5,706	0,0378	- 0,0858			6,661	36,46	17,28
Truk Berat	190,3	3829,7	0,0196	14,536	7,225						11,41	10,92

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

#### b. Biaya Konsumsi Oli

Untuk menghitung biaya konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dapat menggunakan persamaan 3.12 berikut

$$BO_i = KO_i \times HO_j \quad (3.12)$$

dengan:

BO<sub>i</sub> = Biaya konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (Rp./km)

KO<sub>i</sub> = Konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (liter/km)

HO<sub>j</sub> = Harga oli untuk jenis oli j (Rp/liter)

Untuk mencari KO<sub>i</sub> digunakan persamaan 3.13 berikut.

$$KO_i = OHK_i + OHO_i \times KBBM_i \quad (3.13)$$

dengan:

$OHK_i$  = Oli hilang akibat kontaminasi (liter/km)

$OHO_i$  = Oli hilang akibat operasi (liter/km)

$KBBM_i$  = Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan  $i$  (liter./km)

$OHK_i$  dapat diperoleh dengan persamaan 3.14 berikut

$$OHK_i = KAPO_i / JPO_i \quad (3.14)$$

dengan :

$KPO_i$  = Kapasitas oli (liter)

$JPO_i$  = Jarak penggantian oli (km)

Nilai  $OHO_i$ ,  $KPO_i$  dan  $JPO_i$  didapatkan dari tabel nilai tipikal  $JPO_i$ ,  $KPO_i$ , dan  $OHO_i$  yang direkomendasikan diperoleh dari Tabel 3.12 berikut

Tabel 3. 12 Nilai Tipikal  $JPO_i$ ,  $KPO_i$ , dan  $OHO_i$

Jenis Kendaraan	$JPO_i$	$KPO_i$	$OHO_i$
Sedan	2000	3,5	0,0000028
Utiliti	2000	3,5	0,0000028
Bus Kecil	2000	6	0,0000028
Bus Besar	2000	12	0,0000028
Truk Ringan	2000	6	0,0000028
Truk Sedang	2000	12	0,0000028
Truk Berat	2000	24	0,0000028

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

c. Biaya Konsumsi Suku Cadang

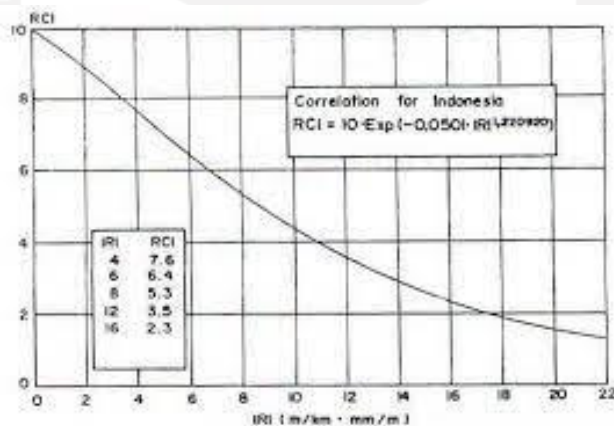
Sebagian input yang perlu dicermati guna mencari biaya konsumsi suku cadang merupakan kekasaran permukaan jalan serta harga kendaraan baru. Nilai kekasaran permukaan yang digunakan ialah berlandaskan Tabel 3.13 tentang keadaan permukaan secara visual serta nilai RCI berikut ini.

Tabel 3. 13 Nilai RCI Permukaan Jalan

RCI	Kondisi permukaan jalan secara visual
8-10	Sangat rata dan teratur
7-8	Sangat baik, uunya rata
6-7	Baik
5-6	Cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang, tetapi permukaan tidak rata
4-5	Jelek, kadang-kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata
3-4	Rusak, bergelombang, banyak lubang
2-3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur
0-2	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4 WD jeep

Sumber: Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992

Menurut Tabel 3.13 tersebut apabila telah mendapatkan nilai RCI maka setelah itu dikonversikan kedalam nilai IRI menggunakan grafik pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3. 12 Grafik Korelasi Nilai RCI dan IRI

(Sumber: Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992)

Berikutnya input yang lain ialah harga kendaraan baru. Harga kendaraan baru diperoleh melalui survei internet. Harga kendaraan baru yang dipakai merupakan harga kendaraan tersebut dikurangi dengan nilai ban yang digunakan. Pengeluaran konsumsi suku cadang bisa dihitung dengan Persamaan 3.15

$$BP_i = P_i \times HKB_i / 1000000 \quad (3.15)$$

dengan:

$BP_i$  = Biaya pemeliharaan kendaraan untuk jenis kendaraan  $i$  (Rp/km)

$HKB_i$  = Harga kendaraan baru rata-rata untuk jenis kendaraan  $i$  (Rp)

$P_i$  = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap kendaraan baru jenis  $i$

$i$  = Jenis kendaraan

$P_i$  dapat dihitung menggunakan persamaan 3.16

$$P_i = (\phi + \gamma_1 \times IRI) (KJT_i / 100000) \gamma_2 \quad (3.16)$$

dengan:

$P_i$  = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap kendaraan baru jenis  $i$

$\phi$  = Konstanta

$\gamma_1$  &  $\gamma_2$  = Koefisien-koefisien parameter

$IRI$  = Kekasaran jalan (m/km)

$KJT_i$  = Kumulatif jarak tempuh kendaraan jenis  $i$  (km)

$i$  = Jenis kendaraan

Untuk  $KJT_i$  digunakan asumsi seluruh tipe kendaraan mempunyai jarak tempuh 5000 kilometer guna satu kali perawatan. Sementara itu untuk nilai  $\phi$  dan  $\gamma_1$  &  $\gamma_2$  diperoleh dari Tabel 3.14 berikut ini.

Tabel 3. 14 Koefisien Paramater Biaya Suku Cadang Sesuai Jenis Kendaraan

Jenis kendaraan	Koefisien parameter		
	$\phi$	$\gamma_1$	$\gamma_2$
Sedan	-0,69	0,42	0,1
Utiliti	-0,69	0,42	0,1
Bus Kecil	-0,73	0,43	0,1
Bus besar	-0,15	0,13	0,1
Truk Ringan	-0,64	0,27	0,2
Truk Sedang	-1,26	0,46	0,1
Truk Berat	-86	0,32	0,4

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan

Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

d. Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Untuk menghitung biaya upah perbaikan kendaraan dapat menggunakan persamaan 3.17 berikut

$$BU_i = J_{Pi} \times UTP/1000 \quad (3.17)$$

dengan:

$BU_i$  = Biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km)

$J_{Pi}$  = Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000km)

$UTP$  = Upah Tenaga Pemeliharaan (Rp/jam)

Untuk memperoleh nilai  $J_{Pi}$  menggunakan Persamaan 3.18

$$J_{Pi} = a_0 \times P_i^{a_1} \quad (3.18)$$

dengan:

$J_{Pi}$  = Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000km)

$P_i$  = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap kendaraan baru jenis  $i$

$a_0, a_1$  = konstanta

Nilai  $a_0$  dan  $a_1$  didapatkan dari tabel 3.15 berikut

Tabel 3. 15 Nilai  $a_0$  dan  $a_1$  Sesuai Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	$a_0$	$a_1$
Sedan	77,14	0,547
Utiliti	77,14	0,547
Bus Kecil	242,03	0,519
Bus Besar	293,44	0,517
Truk Ringan	242,03	0,519
Truk Sedang	242,03	0,517
Truk Berat	301,46	0,519

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005



Sementara itu untuk UTP didapatkan dari upah montir tiap bulan sebesar gaji Upah Minimum Regional Klaten sebesar Rp 2.015.623 dibagi dengan jumlah jam kerja selama sebulan. Jumlah ja kerja tiap hari diasmusikan 8 jam. Montir bekerja 6 hari dala satu minggu. Maka total jam kerja dalam sebulan adalah 192 jam. Maka upah UTP montir sebesar Rp 10.498,04.

e. Biaya Konsumsi Ban

Sebagian input yang perlu didapat sebelum menghitung biaya konsumsi dan ialah nilai tanjakan dan turunan ( $TT_R$ ) dan derajat tikungan ( $DT_R$ ). Nilai  $TT_R$  didapat dari Tabel 3.16 berikut

Tabel 3. 16 Nilai TTR Sesuai Kondisi Medan

Kondisi medan	$TT_R$ (m/km)
Datar	4
Bukit	25
Pegunungan	45

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

Sedangkan untuk mendapatkan nilai derajat tikungan enggunakan Tabel 3.17 berikut

Tabel 3. 17 Nilai Derajat Tikungan

Kondisi medan	Derajat Tikungan
Datar	15
Bukit	115
Pegunungan	200

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan,2005

Berikutnya biaya konsusi ban didapatkan dari persamaan 3.19

$$BBi = KBi \times HBi/1000 \quad (3.19)$$

dengan:

BBi = Biaya konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (Rp/km)

KBi = Konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (EBB/1000)

HBj = Harga ban baru jenis j (Rp/ban baru)

i = Jenis kendaraan

j = Jenis ban

KBi dihitung menggunakan persamaan 3.20

$$KBi = \chi + (\delta_1 \times IRI) + (\delta_2 \times TTR) + (\delta_3 \times DTR) \quad (3.20)$$

dengan:

$\chi$  = Konstanta

$\delta_1 \dots$  = Koefisien parameter

TTR = Tanjakan + turunan rata-rata

DTR = Derajat tikungan rata-rata

Nilai konstanta dan koefisien parameter didapatkan dari Tabel 3.18 berikut

Tabel 3. 18 Nilai Konstanta dan Koefisien Parameter Konsumsi Ban

Jenis Kendaraan	$\chi$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$
Sedan	-0,01471	0,01489	-	-
Utiliti	0,01905	0,01489	-	-
Bus Kecil	0,024	0,025	0,0035	0,00067
Bus Besar	0,10153	-	0,000963	0,000244
Truk Ringan	0,024	0,025	0,0035	0,00067
Truk Sedang	0,095835	-	0,001738	0,000184
Truk Berat	0,15835	-	0,00256	0,00028

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan

Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

f. Biaya Tidak Tetap Besaran BOK (BTT)

Biaya tidak tetap diperoleh dengan menjumlahkan unit-unit BOK berikut

$$BTT = BiBBMj + BOi + BPi + BUi + BBi \quad (3.21)$$

dengan:

BTT = Besaran biaya tidak tetap (Rp/km)

BiBBMj = Biaya konsumsi bahan bakar minyak (Rp/km)

BOi = Biaya konsumsi oli (Rp/km)

BPi = Biaya konsumsi suku cadang (Rp/km)

BUi = Biaya upah tenaga kerja (Rp/km)

BBi = Biaya konsumsi ban (Rp/km)

Berikutnya akan dijabarkan mengenai biaya dalam subbab berikut.

### 3.8 Biaya (*Cost*)

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), arti kata biaya adalah uang yang dikeluarkan untuk mengadakan (mendirikan, melakukan, dan sebagainya) sesuatu. Biaya adalah pengeluaran atau nilai pengorbanan untuk memperoleh barang atau jasa yang berguna untuk masa yang akan datang. (firdaus dan wasilah, 2012)

Menurut supriyono(2011) biaya ialah harga perolehan yang dikorbankan atau digunakan dalam rangka memperoleh penghasilan (revenue) yang akan digunakan sebagai pengurang penghasilan.

Menurut mulyadi (2014) biaya adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau yang kemungkinan akan terjadi untuk tujuan tertentu.

Dari beberapa pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa biaya merupakan pengorbanan ekonomi yang diukur dengan satuan uang dengan maksud untuk mencapai suatu tujuan.

Biaya yang dihitung dalam penelitian ini ialah biaya langsung (*initial cost*) atau biaya konstruksi perkerasan dan biaya siklus hidup perkerasan selama umur rencana.

### 3.8.1 Biaya Langsung (*Initial Cost*)

Biaya langsung ialah semua biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi di lapangan. Biaya langsung pada proyek konstruksi dapat diperkirakan jumlahnya dengan cara menghitung volume pekerjaan dan biaya proyek berdasarkan harga satuan pekerjaan. Biaya langsung sendiri bisa dikelompokkan dalam beberapa jenis, yaitu :

- a. Biaya Material, yaitu semua biaya untuk pembelian bahan dan material yang dihitung dengan analisis harga satuan. Dalam perhitungan biaya material ini harus diperhatikan beberapa hal seperti bahan sisa, harga terbaik, harga loco atau franco, serta cara pembayaran kepada supplier.
- b. Biaya Upah Buruh, yaitu biaya untuk membayar upah atas pekerja yang diperhitungkan terhadap satuan item mata pembayaran tertentu dan biasanya sudah memiliki standar harga satuannya. Untuk perhitungan biaya upah buruh ini harus pula diperhatikan beberapa hal seperti perbedaan antara upah harian atau borongan, kapasitas kerja, asal dari mana buruh didatangkan, serta juga mempertimbangkan undang-undang perburuhan yang berlaku.
- c. Biaya Peralatan atau *Equipments*, yaitu biaya terhadap peralatan untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi. Dalam perhitungan biaya ini pula perlu diperhatikan beberapa hal seperti ongkos keluar masuk gudang, ongkos buruh pengopersi, dan biaya operasi jika peralatan merupakan barang sewaan serta investasi, depresiasi, reparasi, pemeliharaan, dan ongkos mobilisasi jika peralatan merupakan barang tidak disewa.

Perhitungan biaya dihitung menggunakan spesifikasi uu 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 uu tersebut terdiri atas 10 divisi. Seluruh divisi tersebut sebagai berikut :

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

Dalam AHSP dibutuhkan Harga Satuan Dasar (HSD) tenaga kerja, bahan serta alat yang digunakan. Dalam penelitian ini menggunakan HSD yang berasal dari dokumen Estimasi Biaya Pekerjaan salah satu proyek peningkatan jalan di Kabupaten Klaten. Koefisien-koefisien bahan, alat, serta tenaga kerja mengacu pada dokumen tersebut. Artinya, dalam penelitian ini tidak perlu dilakukan analisa HSD lagi.

### 3.8.2 Biaya Siklus Hidup (*Life-cycle cost*)

Biaya siklus hidup jalan ialah Sebagai suatu penilaian ekonomi terhadap suatu lingkup, area, sistem dan fasilitas dengan menggunakan berbagai desain alternatif yang bersaing serta tetap mempertimbangkan semua biaya kepemilikan yang penting selama masa hidup proyek tersebut.

Komponen perhitungan biaya siklus hidup (*life cycle cost*) antara lain:

#### a. Biaya Konstruksi

Adalah biaya yang ditimbulkan karena biaya desain dan biaya konstruksi. Biaya desain termasuk juga alternatif perancangan desain jika lebih dari satu.

#### b. Biaya Pengelola Jalan

Semua biaya yang dikeluarkan oleh pihak pengelola jalan untuk melaksanakan semua kegiatan yang terkait dengan kegiatan pemeliharaan jalan.

Biaya proyek pemeliharaan jalan pada Kontrak Berbasis Kinerja (KBK) meliputi biaya pengadaan penyedia jasa perencana dan pelaksana konstruksi beserta biaya pelaksanaan pekerjaannya; dan biaya pengadaan konsultan pengawas beserta biaya pekerjaan pengawasan.

c. Biaya pengguna Jalan

Semua biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak pengguna jalan selama periode analisis dan dinyatakan dalam terminologi moneter disebut sebagai biaya pihak pengguna jalan

- *Work zone user cost* atau biaya pengguna jalan pada saat adanya pekerjaan jalan pada ruas jalan yang dilalui.
- *In service user cost* atau biaya pengguna jalan pada kondisi lalu lintas normal.

Dalam menghitung biaya siklus hidup menggunakan beberapa prinsip dalam LCCA (*life-cycle cost analysis*) yang dikeluarkan oleh *Federal Highway Administration U.S Department of Transportation* (PennDOT). Saat menghitung siklus hidup suatu perkerasan jalan perlu terlebih dahulu merencanakan strategi perawatan dan rehabilitasi pada perkerasan selama umur rencana.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ataupun metode ilmiah merupakan prosedur ataupun langkah- langkah dalam memperoleh pengetahuan ilmiah ataupun ilmu. Jadi metode penelitian merupakan metode sistematis guna menyusun ilmu pengetahuan (Suryana, 2010).

#### **4.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian berkaitan dengan tata cara ilmiah yang digunakan guna memperoleh informasi dengan manfaat serta tujuan tertentu. Menurut sifat kasusnya, sebagian jenis penelitian yang umumnya digunakan merupakan penelitian deskriptif serta penelitian eksperimen.

Menurut Suryana (2010) penelitian deskriptif merupakan penelitian yang bertujuan guna menciptakan deskripsi secara sistematis, faktual serta akurat mengenai fakta- fakta, serta sifat- sifat populasi wilayah tertentu. Sementara itu penelitian eksperimen bertujuan guna menyelidiki kemungkinan sebab akibat dengan teknik menggunakan kepada sesuatu maupun lebih kondisi perlakuan serta menyamakan hasilnya dengan sesuatu ataupun lebih kelompok kontrol (Suryana, 2010).

Berlandaskan itu jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kategori penelitian deskriptif. Perihal itu disebabkan penelitian ini bersifat faktual serta diperuntukan guna memaparkan sifat- sifat dari sesuatu subjek yang diteliti ialah cakupan manfaat (*benefit*), pengeluaran (*cost*) serta kelayakan dari rencana pembangunan perkerasan jalan kaku di ruas jalan yang diteliti.

#### **4.2 Subjek dan Objek Penelitian**

Subjek penelitian ialah tempat dimana data untuk variabel penelitian diperoleh (Arikunto,2002). Untuk penelitian ini subjeknya yaitu jalur evakuasi bencana



gunung berapi di jalan deles indah desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah.

Menurut Sugiyono (2009) “objek penelitian merupakan suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.”

Pada penelitian ini sebagai objek penelitian digunakan pekerjaan perbaikan jalur evakuasi bencana gunung berapi yang terletak di desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah.

### **4.3 Data Penelitian**

Data Penelitian ialah segala fakta serta angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun sesuatu (Arikunto,2002). Data penelitian sendiri terbagi menjadi data primer dan data sekunder. Data primer ialah data yang diperoleh peneliti langsung dari penelitian dilapangan yang menjadi lokasi penelitian ataupun daerah sekitarnya. Sedangkan data sekunder ialah data yang berasal dari sumber kedua.

Untuk penelitian ini data yang digunakan yaitu data sekunder dari jalur evakuasi yang akan diteliti. Data mengenai jalur evakuasi tersebut diperoleh langsung dari Bina Marga Kabupaten Klaten dengan mengajukan surat permohonan data kepada Bina Marga Kabupaten Klaten. Data yang diperoleh antara lain

1. LHR atau data lalu lintas terkini pada jalur evakuasi atau jalur lain terdekat
2. Daftar harga satuan bahan, upah dan alat Kabupaten Klaten

### **4.4 Tahapan Olah Data**

Data lalu lintas atau LHR digunakan untuk mendesain tebal perkerasan jalan. Sedangkan daftar harga satuan bahan, upah dan alat digunakan untuk menghitung biaya perkerasan.

Setelah biaya total atau total cost didapatkan, maka langkah berikutnya ialah menghitung biaya siklus hidup jalan selama umur rencana. Untuk biaya siklus hidup diketahui dengan cara menghitung biaya perawatan yang dibutuhkan selama umur rencana perkerasan kaku dengan metode perawatan yang ditentukan. Kemudian setelah diketahui nilai biaya perawatan, biaya total konstruksi

dijumlahkan dengan biaya perawatan untuk mendapatkan biaya siklus hidup selama umur rencana.

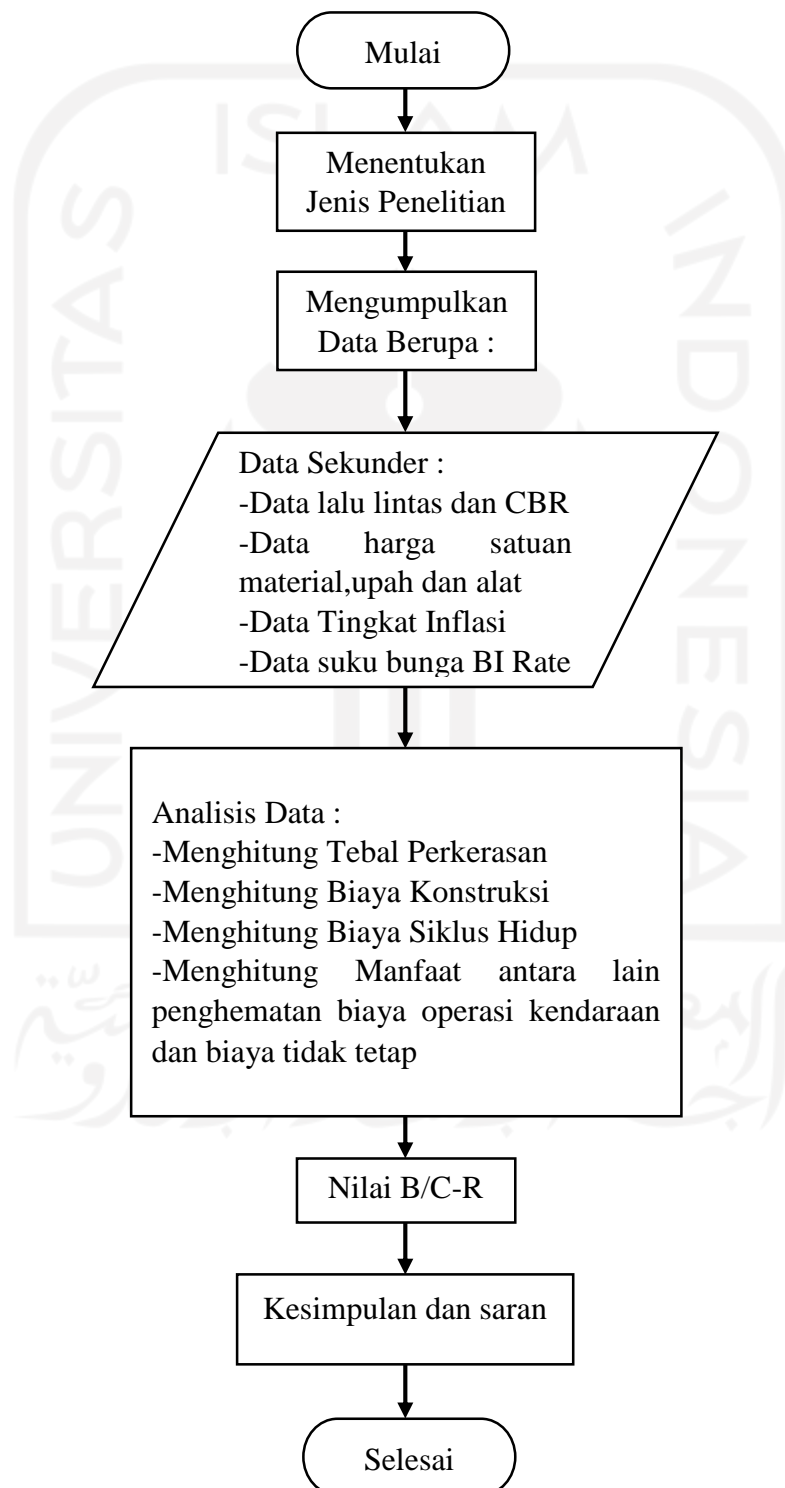
Selanjutnya ialah menghitung cakupan manfaat (*benefit*) pembangunan perkerasan kaku tersebut. Manfaat yang dianalisa ditinjau dari penghematan biaya operasi kendaraan tidak tetap. Maka berdasarkan itu perlu dihitung biaya operasional kendaraan tanpa pekerjaan (*without project*) serta dengan pekerjaan (*with project*).

Dalam penelitian ini cakupan biaya operasional kendaraan tidak tetap yang diperhitungkan antara lain BBM, Oli, Suku cadang kendaraan, upah perbaikan, konsumsi ban. Setelah diketahui total penghematan yang menjadi nilai manfaat (*benefit*) kemudian untuk mengetahui nilai kelayakan konstruksinya dilakukan analisis dengan cara nilai total biaya siklus hidup yang sudah dihitung sebelumnya dibagi dengan total penghematan setelah adanya perkerasan jalan baru tersebut. Dari perhitungan tersebut akan didapat bagaimana kelayakan dari pembangunan perkerasan kaku ruas jalan deles indah dari balai desa Sidorejo-objek wisata Deles Indah berdasarkan nilai rasio B/C. Untuk memenuhi syarat bahwa pekerjaan tersebut layak dibangun nilai rasio B/C harus lebih dari sama dengan 1.

Untuk penjabaran yang lebih detail mengenai langkah langkah diatas sudah dijelaskan pada bab sebelumnya.

#### 4.5 Bagan Alir Penelitian

Berikut ini bagan alir dari penelitian yang akan dilakukan



## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Data Penelitian**

Data penelitian yang didapatkan ialah sebagai berikut

##### **A. Data Informasi Jalan**

Panjang	: 7,8 km
Lebar	: 4 m
Perkerasan	: Aspal
Kondisi	: Rusak Berat

Data diatas merupakan data yang diperoleh dari survey langsung dilapangan.

B. Data harga satuan upah, bahan dan alat yang terlampir dalam lampiran 6,7,8

C. Data tingkat inflasi 5 tahun terakhir yang terlampir dilampiran 4 dan data suku bunga BI-Rate 5 tahun terakhir yang terlampir dalam lampiran 5

##### **D. Data lalu lintas dan CBR**

Data lalu lintas dan CBR untuk perencanaan perkerasan kaku pada penelitian ini termasuk data sekunder. Data lalu lintas yang digunakan merupakan data lalu lintas ruas Suruh-Singlar yang merupakan titik yang terdekat dengan obyek penelitian. Data LHR menggunakan ruas Suruh-Singlar dikarenakan data lalu lintas di objek yang diteliti tidak tersedia sehingga digunakan data LHR di lokasi yang terdekat dari objek penelitian. Oleh karena itu lalu lintas ruas jalan objek penelitian diasumsikan sama dengan ruas Suruh-Singlar. Berikut data lalu lintas tersebut disajikan.

Tabel 5.1 Data lalu lintas harian rata-rata tahunan ruas Suruh-Singlar

Klasifikasi Kendaraan	Jenis Kendaraan	Jumlah
Gol1	Motor	38
Gol2	Mobil penumpang	9
Gol3	Opelet,combi,minibus	18
Gol4	Pickup	12
Gol5a	Bus kecil	0
Gol5b	Bus besar	0
Gol6a	Truk ringan 2as	45
Gol6b	Truk berat 2 as	58
Gol7a	Truk berat 3 as	0
Gol7b	Truk gandeng 4 as	0
Gol7c	Truk semi trailer	0
Jumlah		180

Sumber : Bina Marga, Dokumen D.E.D Suruh-Singlar, 2016

Sedangkan untuk data CBR digunakan sebesar 6%. Data tersebut dipergunakan untuk merencanakan tebal perkerasan kaku seperti yang akan dijabarkan berikut ini.

## 5.2 Perencanaan Perkerasan Kaku

### 5.2.1 Pemilihan Jenis Perkerasan Kaku Rencana

Dalam penelitian ini menggunakan jenis perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) tanpa bahu beton. Penggunaan jenis perkerasan ini mengikuti perkerasan yang sudah ada pada ruas jalan disekitarnya yaitu ruas jl deles indah. Pada sambungan melintang , menggunakan ruji atau dowel. Sedangkan pada sambungan memanjang menggunakan batang pengikat.

### 5.2.2 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Berdasarkan pada pedoman desain perkerasan kaku Pd T-14-2003, perencanaan perkerasan mengacu pada distribusi kelompok jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN). Distribusi kelompok kendaraan disesuaikan dengan klasifikasi kendaraan yang terdapat pada data LHR yaitu golongan 1 hingga 7C

yang tercantum pada Tabel 5.1. Setelah itu data konfigurasi beban sumbu dan jumlah sumbu kendaraan dikategorikan menjadi tiga, yaitu Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT), Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG) dan Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG). Untuk hasil analisis distribusi kelompok kendaraan tercantum dalam Tabel 5.2 berikut



Tabel 5.2 Distribusi Kelompok Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban Sumbu				Jml kendaraan	Jml sumbu per kendaraan	Jml sumbu	STRT		STRG	
	RD	RB	RGD	RGB				BS(ton)	JS(buah)	BS(ton)	JS(buah)
Mobil penumpang	1	1			9	-	-				
Opelet,combi,minibus	1	1			18	-	-				
Pickup	1	3			12	-	-				
Truk ringan 2as	2,822	5,478			45	2	90	2,822	45		
								5,478	45		
Truk berat 2 as	6,2	12			58	2	116	6,2	58	12	58
Total							206		148		58

Sumber : Hasil Analisis, 2022



Dalam Tabel 5.2 tersenut yang dimasukkan dalam perhitungan hanya kendaraan niaga dengan beban sumbu minimal 5 ton, sehingga jenis kendaraan motor, mobil penumpang, opelet dan pick up tidak dimasukkan dalam perhitungan.

Berdasarkan pada Tabel 5.2 nilai Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian diperoleh 206 buah sumbu. Berikutnya dihitung faktor pertumbuhan lalu lintas menggunakan persamaan 3.2 dengan menggunakan data umur rencana serta pertumbuhan lalu lintas.

Umur rencana yang dipergunakan didapatkan dari Tabel 3.4 tentang umur rencana perkerasan jalan baru. Pada Tabel 5.3 ditampilkan umur rencana yang digunakan.

Tabel 5.3 Umur Rencana Yang Digunakan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana
Perkerasan Kaku	Lapis Pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan	40 tahun

Sumber : Bina Marga, Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013

Sedangkan untuk nilai pertumbuhan lalu lintas (i) diperoleh dari Tabel 3.2. berdasarkan Tabel 3.2 tersebut untuk deskripsi jalan yang menjadi objek penelitian diasumsikan jalan lokal. Pada Tabel 5.4 berikut tercantum laju pertumbuhan lalu lintas yang digunakan.

Tabel 5.4 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas yang Digunakan

Deskripsi Jalan	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)
Jalan Lokal	1

Sumber : Bina Marga, Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013

Berikutnya untuk faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2. Pada Tabel 5.5 tercantum perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas.

Tabel 5.5 Perhitungan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Laju Pertumbuhan lalu lintas (%)	Umur rencana perkerasan kaku	Faktor pertumbuhan lalu lintas
a	b	$c = ((1+a)^b - 1)/a$
1	40	48,89

Sumber : Hasil analisis, 2022

Nilai koefisien distribusi kendaraan (C) diperoleh dari Tabel 3.3 tentang koefisien distribusi kendaraan niaga pada lajur rencana. Untuk desain lebar perkerasan kaku jalan didesain dengan lebar 5,5 meter dengan 2 lajur 2 arah. Tabel 5.6 berikut menampilkan koefisien distribusi kendaraan yang dipergunakan.

Tabel 5.6 Koefisien Distribusi Kendaraan yang Digunakan

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur	Koefisien Distribusi
		2 arah
5,5 m	2 lajur	0,50

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

Berdasarkan pada Tabel 3.3 diperoleh koefisien distribusi kendaraan sebesar 0,5 . Berikutnya JSKN dihitung dengan persamaan 3.3. Tabel 5.7 dibawah ini menampilkan perhitungan JSKN.

Tabel 5.7 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

JSKNH	Faktor pertumbuhan Lalu Lintas	Koefisien distribusi kendaraan	JSKN
a	b	c	$d = ax365xbxc$
206	48,89	0,50	1.837.883

Sumber : Hasil Analisis, 2022

### 5.2.3 Perhitungan Repetisi Sumbu Yang Terjadi

Sesudah diperoleh nilai JSKN kemudian perlu dihitung jumlah repetisi sumbu yang terjadi. Jumlah repetisi sumbu yang terjadi didapat dari penjumlahan masing-masing repetisi sesuai konfigurasi beban dan sumbu kendaraan. Perhitungan repetisi sumbu menggunakan persamaan 3.5.

Proporsi beban didapat dari pembagian antara jumlah sumbu sesuai beban sumbu dibagi dengan total jumlah sumbu pada jenis konfigurasi sumbu. Sedangkan untuk proporsi sumbu diperoleh dari pembagian antara jumlah sumbu pada kelompok konfigurasi tertentu dibagi dengan total jumlah sumbu semua konfigurasi sumbu.

Dibawah ini akan ditampilkan hasil analisis perhitungan jumlah repetisi sumbu yang terjadi tercantum pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Repetisi Rumbu Yang Terjadi

Jenis Sumbu	Beban sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi sumbu	JSKN	Repetisi
STRT	2,822	45	0,3041	0,7184	1.837.883	1.320.421
	5,478	45	0,3041	0,7184		
	6,2	58	0,3919	0,7184		
Jumlah		<b>148</b>	1			
STRG	12	58	1	0,2816	1.837.883	517.462
		<b>58</b>				1.837.883
Total		206				$1,837 \times 10^6$

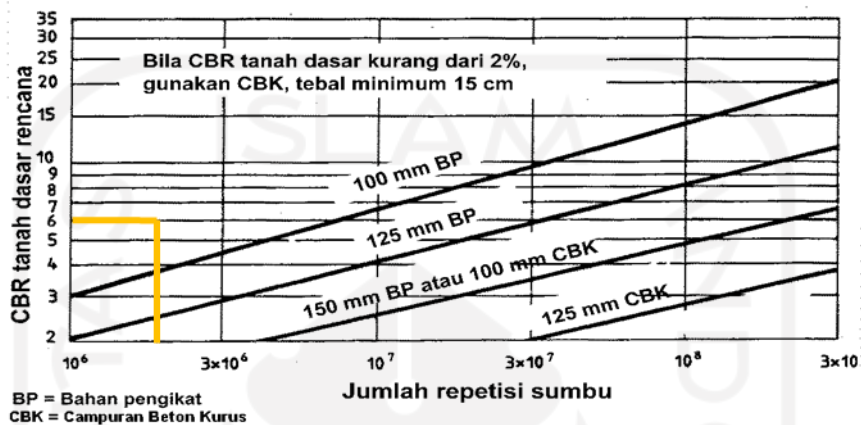
Sumber : Hasil analisis, 2022

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan jumlah repetisi sumbu untuk kelompok sumbu STRT sebesar 1.320.421 sedangkan untuk kelompok sumbu STRG sebesar 517.482. sehingga total repetisi sumbu yang terjadi sebesar 1.837.883 atau  $1,837 \times 10^6$  atau sama dengan nilai JSKN.

### 5.2.4 Penentuan Jenis dan Tebal Perkerasan

Untuk menentukan jenis dan tebal pondasi dapat dilakukan dengan cara memasukkan jumlah repetisi sumbu dan nilai CBR tanah dasar kedalam grafik pada Gambar 3.4.

CBR tanah dasar yang digunakan diasumsikan sama dengan ruas jalan deles indah yang sudah ada yaitu sebesar 6%. Apabila dilihat dari grafik yang tercantum pada Gambar 3.4, jika input CBR tanah dasar dan jumlah repetisi sumbu atau nilai JSKN dihubungkan maka dapat diperoleh jenis dan tebal pondasi perkerasan kaku.



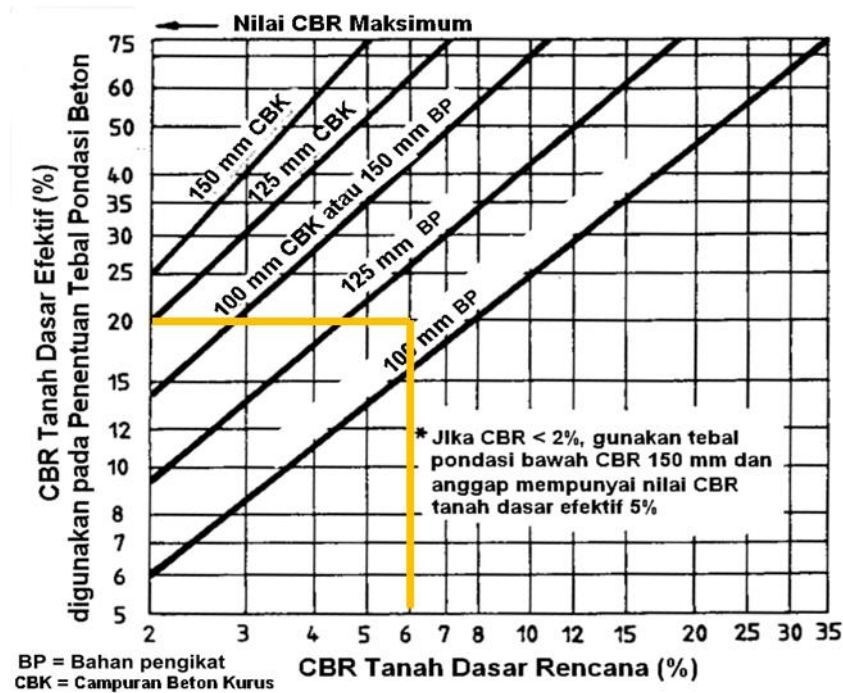
Gambar 5.1 Penentuan jenis dan tebal pondasi bawah minimum yang digunakan

Apabila mengacu pada grafik diatas jenis pondasi yang digunakan ialah bahan pengikat (BP) dengan tebal pondasi perkerasan 100 mm. Berdasarkan Pd T-14-2003 pondasi bawah dengan bahan pengikat dapat berupa stabilisasi material berbutir dengan bahan pengikat, campuran beraspal dengan gradasi rapat, dan campuran beton krus giling padat.

Pada penelitian ini jenis pondasi yang digunakan jenis pondasi stabilisasi material berbutir dengan bahan pengikat semen yang pada umumnya dikenal dengan sebutan *Cement Treated Subbase* (CTSB).

#### 5.2.5 Penentuan CBR Tanah Dasar Efektif

Berikutnya setelah didapat jenis dan ketebalan pondas maka akan dicari nilai CBR tanah dasar efektif untuk mencari tebal perkerasan. Untuk mencari CBR tanah dasar efektif maka digunakan grafik hubungan CBR tanah dasar rencana dan tebal pondasi bawah. Pada Gambar 5.3 ini ditampilkan penentuan CBR tanah dasr efektif yang digunakan

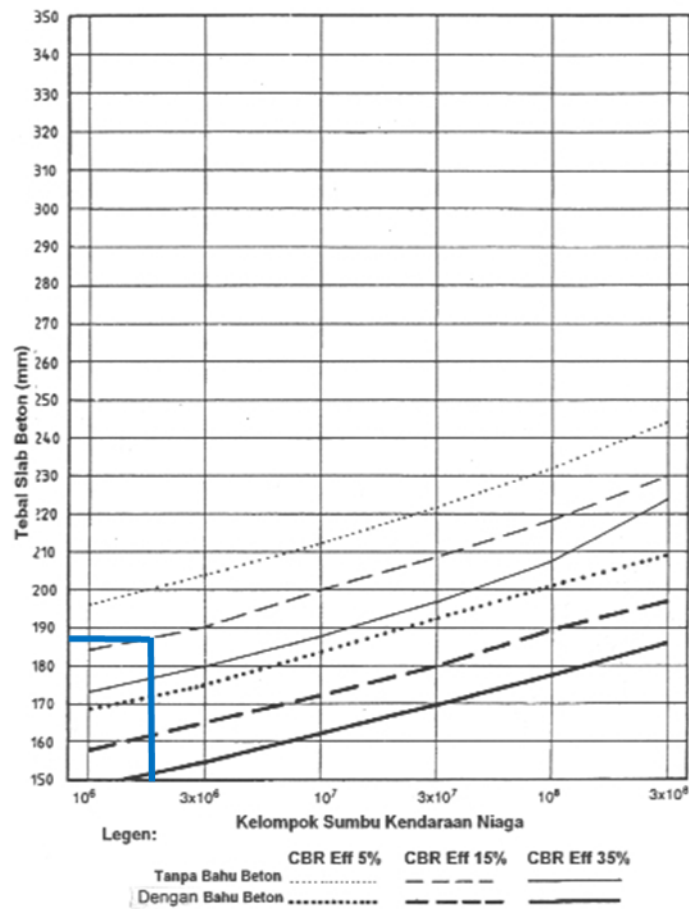


Gambar 5.2 Penentuan CBR tanah dasar efektif yang digunakan

Berdasarkan grafik diatas apabila CBR tanah dasar rencana sebesar 6% serta jenis dan ketebalan pondasi yang sudah diperoleh sebelumnya dimasukkan maka akan diperoleh CR tanah dasar efektif sebesar 20%.

#### 5.2.6 Penentuan Tebal Taksiran Perkerasan Kaku

Setelah didapat nilai CBR tanah dasar efektif maka kemudian dapat dicari tebal taksiran pelat beton. Penentuan teal taksiran pelat beton menggunakan grafik pada Gambar 3.5. pada grafik tersebut memerlukan input jumlah repetisi kelompok smbu kendaraan niaga serta nilai CBR tanah dasar efektif. Berikut ditampilkan penentuan tebal taksiran pelat beton.



Gambar 5.3 Penentuan Tebal taksiran pelat beton ruas yang digunakan

Apabila dilihat dari grafik diatas maka diperoleh tebal perkerasan sebesar 190 mm.

### 5.2.7 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton

Berdasarkan Pd T-14-2003 dijelaskan bahwa kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dihitung dengan persamaan 3.1

Pada penelitian ini menggunakan kuat tekan beton sebesar 30 Mpa. Sedangkan untuk nilai konstanta yang digunakan 0,75 untuk agregat pecah. Pada Tabel 5.9 berikut ditampilkan perhitungan kuat tarik lentur beton.

Tabel 5.9 Perhitungan kuat tarik lentur beton

K	fc' (Mpa)	fcf (Mpa)
a	b	$c = a \times b^{0,5}$
0,75	30	4,108

Sumber : Hasil analisis, 2022

Berdasarkan perhitungan yang tercantum pada tabel diatas maka diperoleh nilai kuat tarik lentur beton sebesar 4,108 Mpa.

#### 5.2.8 Perhitungan Beban Rencana Per Roda

Beban rencana tiap roda digunakan pada perhitungan analisis fatik dan analisis erosi sebagai salah satu masukan dalam nomogram fatik dan erosi. Oleh karena itu beban rencana tiap roda perlu dihitung. Pada Tabel 5.1 beban sumbu dan jumlah sumbu tiap jenis kendaraan telah diperoleh.

Beban rencana tiap roda diperoleh dari hasil pembagian antara beban sumbu dengan jumlah roda pada satu sumbu tersebut dikalikan dengan faktor keamanan beban yang terdapat pada Tabel 3.5.

Pada Tabel 5.10 berikut ditampilkan perhitungan beban rencana tiap roda.

Tabel 5.10 Perhitungan beban rencana tiap roda yang digunakan

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Jumlah Roda	Faktor keamanan beban	Beban rencana per roda (kN)
a	b	c	d	$e = (b/c) \times d$
STRT	27,675	2	1	13,837254
	53,721	2	1	26,860551
	60,802	2	1	30,40077
STRG	117,680	4	1	29,4201

Sumber : Hasil analisis, 2022

#### 5.2.9 Analisis Kerusakan Akibat Fatik Pada Pelat Beton

Apabila mengacu pada Pd-T-14-2003, dalam menentukan apakah tebal perkerasan yang direncanakan dapat digunakan atau tidak perlu dilakukan analisis



fatik. Sebelum melakukan analisis fatik sebelumnya perlu dihitung terlebih dahulu tegangan ekuivalen serta faktor rasio tegangan sesuai dengan kategori sumbu kendaraannya yaitu STRT dan STRG. Nilai tegangan ekuivalen didapat dari Lampiran 1 yang dirangkum dalam Tabel 5.11 dibawah ini

Tabel 5.11 Nilai Tegangan Ekuivalen yang digunakan

Tebal pelat (mm)	CBR eff tanah dasar (%)	Tegangan ekuivalen	
		STRT	STRG
190	20	1,09	1,75

Sumber : Departemen Pemukiman&Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan

Jalan Beton Semen, 2003

Setelah tegangan ekuivalen diketahui, maka perlu dicari faktor rasio tegangan (FRT) sesuai masing-masing konfigurasi sumbu kendaraan tersebut. Untuk menghitung FRT menggunakan rumus pada persamaan 3.6.

Berdasarkan persamaan 3.6 maka diperoleh Faktor Rasio Tegangan semua kelompok sumbu kendaraan yang dicari, yang akan ditampilkan pada Tabel 5.12 berikut ini

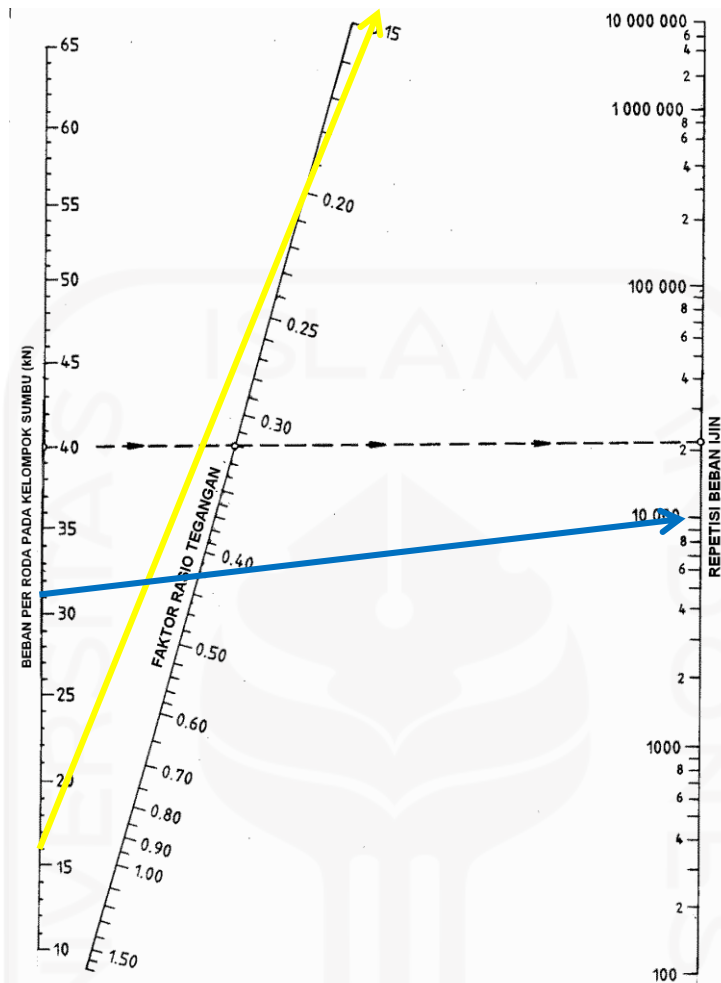
Tabel 5.12 Perhitungan faktor rasio tegangan sesuai jenis sumbu

Jenis sumbu	Tegangan ekuivalen	fcf	Faktor rasio tegangan
a	b	c	d=b/c
STRT	1,09	4,108	0,27
STRG	1,75	4,108	0,43

Sumber : Hasil analisis, 2022

Sesudah nilai faktor rasio tegangan diketahui, maka selanjutnya perlu dicari jumlah repetisi beban ijin sumbu yang diperbolehkan. Repetisi eban ijin untuk analisis fatik diperoleh dari nomogram yang terdapat pada lampiran 3.

Sebagai contoh untuk mencari repetisi beban ijin pada sumbu STRT, beban rencana per roda paling besar berdasarkan Tabel 5.10 sebesar 30,407. Sedangkan FRT yang diperoleh dari Tabel 5.12 sebesar 0,27. Maka repetisi beban ijin dapat diperoleh seperti yang ditampilkan pada nomogram berikut.



Gambar 5.4 Contoh penentuan repetisi beban ijin akibat fatik

Dari nomogram diatas untuk panah warna kuning jenis sumbu STRT mengarah pada angka jauh diatas angka repetisi ijin maksimal. Berdasarkan itu maka jumlah repetisi beban ijin akibat fatik, khusus untuk jenis sumbu STRT ialah tidak terbatas (TT) . Sedangkan untuk beban repetisi ijin sumbu STRG ditunjukkan dengan panah warna biru mengarah pada angka 10.000, sehingga berdasarkan itu nilai repetisi ijin akibat fatik pada sumbu STRG sebesar 10.000. Setelah repetisi ijin diketahui, maka dapat dihitung persentase kerusakan akibat fatik dengan menggunakan persamaan 3.7 yaitu repetisi sumbu yang terjadi dibagi dengan repetisi ijin lalu dikalikan 100. Adapun rekapitulasi dari hasil perhitungan persentase kerusakan akibat fatik tercantum dalam Tabel 5.13 berikut

Tabel 5.13 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis fatik	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	10000	5174,6226

Sumber : Hasil Analisis, 2022

#### 5.2.10 Analisis Kerusakan Akibat Erosi Pada Pondasi Bawah

Apabila mengacu pada Pd-T-14-2003, guna menghitung apakah tebal perkerasan tersebut dapat digunakan atau tidak maka perlu dilakukan analisis erosi. Adapun analisis kerusakan akibat erosi berfungsi untuk mengetahui apakah tebal perkerasan tersebut dapat digunakan atau tidak. Dalam analisis erosi perlu dicari terlebih dahulu faktor erosi sesuai dengan kategori sumbu kendaraannya yakni STRT dan STRG. Faktor erosi diperoleh dari lampiran yang dirangkum dalam Tabel 5.14 berikut.

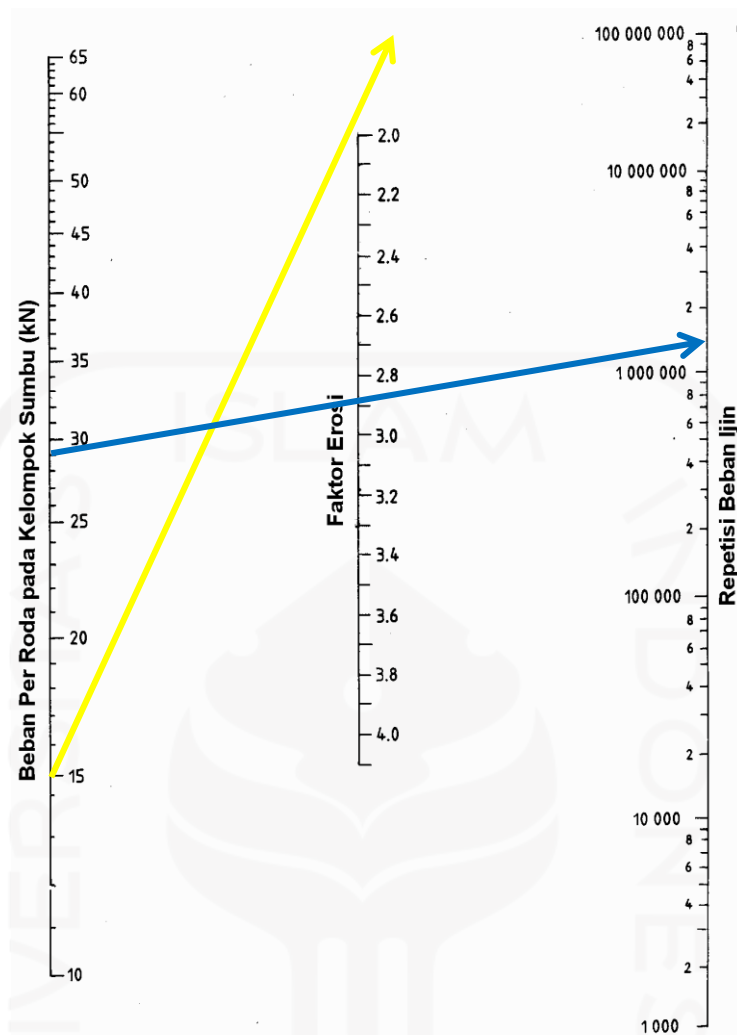
Tabel 5.14 Faktor Erosi Yang Digunakan

tebal pelat	CBR eff tanah dasar	faktor erosi (dengan ruji)	
		STRT	STRG
190	20	2,27	2,88

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

Setelah nilai faktor erosi diperoleh maka berikutnya perlu dicari jumlah repetisi beban ijin sumbu yang diperbolehkan. Repetisi beban ijin untuk analisa erosi diperoleh dari nomogram yang terdapat pada lampiran..

Sebagai contoh, untuk mencari repetisi ijin pada sumbu STRT, beban rencana tiap roda diperoleh dari Tabel 5.10 dengan beban rencana STRT paling besar 30,407. Sedangkan faktor erosi yang diperoleh dari Tabel 5.14 adalah sebesar 2,27. Maka repetisi beban ijin dapat diperoleh seperti yang ditampilkan pada nomogram berikut



Gambar 5.5 Contoh Penentuan Repetisi Beban Ijin Akibat Erosi

Dari nomogram diatas , anak panah berwarna kuning untuk sumbu STRT mengarah pada angka jauh diatas angka repetisi ijin maksimal. Oleh sebab itu maka jumlah repetisi beban ijin akibat erosi untuk sumbu STRT ialah tidak terbatas (TT). Untuk sumbu STRG ditunjukkan dengan anak panah warna biru mengarah pada angka 1.600.000. oleh sebab itu maka repetisi beban ijin akibat erosi untuk sumbu STRG sebesar 1.600.000. Setelah nilai repetisi ijin diketahui, maka dapat dihitung persentase kerusakan akibat erosi dengan cara repetisi sumbu yang terjadi dibagi dengan repetisi ijin lalu dikalikan 100.

Berikut ditampilkan rekapitulasi hasil analisis kerusakan akibat erosi

Tabel 5.15 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis erosi	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	1600000	32,3414

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Dari analisis kerusakan akibat fatik dan analisis kerusakan akibat erosi yang sudah dilakukan diperoleh hasil untuk persen kerusakan akibat fatik sebesar 5174,6226 % dan untuk kerusakan akibat erosi sebesar 32,3414 %. Dari hasil itu dapat disimpulkan bahwa perkerasan kaku dengan tebal 190 mm dan CBR efektif 20% tidak dapat digunakan karena kerusakan akibat fatiknya melebihi batas ijin kerusakan yaitu 100 %. Sehingga untuk tebal perkerasan kaku harus dihitung ulang hingga persen kerusakan akibat fatik dan erosi tidak melebihi 100%. Oleh karena itu dilakukan trial berikut.

1. Trial 1 (Tebal 200 mm)

Dengan langkah serta perhitungan yang sama seperti sebelumnya, diperoleh hasil analisis kerusakan untuk perkerasan kaku dengan ketebalan 200 mm sebagai berikut.

Tabel 5.16 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=200 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis fatik	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	30000	1724,8742

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Sedangkan hasil rekap untuk analisis erosi perkerasan kaku dengan ketebalan 200 mm sebagai berikut

Tabel 5.17 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=200 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis erosi	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	2000000	25,8731

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dari hasil analisis diatas menunjukkan persen rusak akibat fatik sebesar 1724,8742 % dan kerusakan akibat erosi sebesar 25,8731 %. Untuk persentase kerusakan akibat fatik masih lebih dari 100% sehingga dapat disimpulkan bahwa perkerasan kaku dengan tebal 200 mm dan CBR efektif 20% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin 100%.

## 2. Trial 2 (tebal 210 mm)

Dengan langkah serta perhitungan yang sama seperti sebelumnya, diperoleh hasil analisis kerusakan untuk perkerasan kaku dengan ketebalan 210 mm sebagai berikut

Tabel 5.18 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=210 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis fatik	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	80000	646,8278

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Sedangkan hasil rekap untuk analisis erosi perkerasan kaku dengan ketebalan 210 mm sebagai berikut

Tabel 5.19 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=210 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis erosi	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	3500000	14,7846

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dari hasil analisis diatas menunjukkan persen rusak akibat fatik sebesar 646,8278 % dan kerusakan akibat erosi sebesar 14,7846 %. Untuk persentase kerusakan akibat fatik masih lebih dari 100% sehingga dapat disimpulkan bahwa perkerasan kaku dengan tebal 210 mm dan CBR efektif 20% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin 100%.

### 3. Trial 3 (tebal 220 mm)

Dengan langkah serta perhitungan yang sama seperti sebelumnya, diperoleh hasil analisis kerusakan untuk perkerasan kaku dengan ketebalan 220 mm sebagai berikut

Tabel 5.20 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=220 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis fatik	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	200000	258,7311

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Sedangkan hasil rekap untuk analisis erosi perkerasan kaku dengan ketebalan 220 mm sebagai berikut

Tabel 5.21 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=220 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis erosi	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	6000000	8,6244

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dari hasil analisis diatas menunjukkan persen rusak akibat fatik sebesar 258,7311 % dan kerusakan akibat erosi sebesar 8,6244 %. Untuk persentase kerusakan akibat fatik masih lebih dari 100% sehingga dapat disimpulkan bahwa perkerasan kaku dengan tebal 220 mm dan CBR efektif 20% tidak dapat digunakan karena melewati batas ijin 100%.

#### 4. Trial 4 (tebal 230 mm)

Dengan langkah serta perhitungan yang sama seperti sebelumnya, diperoleh hasil analisis kerusakan untuk perkerasan kaku dengan ketebalan 230 mm sebagai berikut

Tabel 5.22 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=230 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis fatik	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	600000	86,2437

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Sedangkan hasil rekap untuk analisis erosi perkerasan kaku dengan ketebalan 230 mm sebagai berikut

Tabel 5.23 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=230 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis erosi	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	8000000	6,4683

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dari hasil analisis diatas menunjukkan persen rusak akibat fatik sebesar 86,2437 % dan kerusakan akibat erosi sebesar 6,4683 %. Untuk persentase kerusakan akibat fatik sudah kurang dari 100% sehingga dapat disimpulkan bahwa perkerasan kaku dengan tebal 240 mm dan CBR efektif 20% dapat digunakan, namun masih riskan karena kerusakan akibat fatik mendekati batas ijin 100%.

#### 5. Trial 5 (tebal 240 mm)

Dengan langkah serta perhitungan yang sama seperti sebelumnya, diperoleh hasil analisis kerusakan untuk perkerasan kaku dengan ketebalan 240 mm sebagai berikut



Tabel 5.24 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik (t=240 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis fatik	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	1000000	51,7462

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Sedangkan hasil rekapitulasi untuk analisis erosi perkerasan kaku dengan ketebalan 240 mm sebagai berikut

Tabel 5.25 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Erosi (t=240 mm)

Jenis sumbu	Repetisi sumbu yang terjadi	Analisis erosi	
		Repetisi ijin	Persen rusak
STRT	1.320.421	TT	0
STRG	517.462	10000000	5,1746

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dari hasil analisis diatas menunjukkan persen rusak akibat fatik sebesar 51,7462 % dan kerusakan akibat erosi sebesar 5,1746 %. Untuk persentase kerusakan akibat fatik tidak lebih dari 100% sehingga dapat disimpulkan bahwa perkerasan kaku dengan tebal 240 mm dan CBR efektif 20% dapat digunakan sebagai perkerasan kaku

Berikutnya akan ditampilkan rekapitulasi perhitungan analisis fatik dan erosi untuk tebal perkerasan yang digunakan

Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Analisis Fatik dan Erosi yang Digunakan

Jenis sumbu	Beban sumbu (kn)	Beban rencana (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor tegangan dan erosi	Analisis fatik		Analisis erosi	
					repetisi ijin	persen rusak	repetisi ijin	persen rusak
STRT	27,675	13,837	1.320.421	TE= 0,76	TT	0	TT	O
		26,861		FRT= 0,19				
		30,401		FE= 1,97				
STRG	117,680	29,420	517.462	TE = 1,26	1.000.000	51,7462	10.000.000	5,1746
				FRT = 0,31				
				FE=2,527				
						51,7462		5,1746

Sumber: Hasil Analisis, 2022

### 5.2.11 Perhitungan Kebutuhan Batang Pengikat dan Ruji

Selanjutnya seperti yang diketahui bahwa jenis perkerasan kaku yang direncanakan ialah perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT) atau *Jointed Plain Concrete Pavement* (JPCP) dimana dalam struktur perkerasan hanya ada batang pengikat (*Tie Bars*) yang diletakkan di sambungan memanjang (*longitudinal joint*), serta ruji atau dowel diletakkan pada sambungan melintang (*transversal joint*).

Dalam Pd T-14-2003 dijelaskan bahwa batang pengikat pada sambungan memanjang harus sesuai dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Panjang batang pengikat dihitung dengan persamaan 3.4. Berikut ditampilkan perhitungan panjang batang pengikat pada sambungan memanjang.

Tabel 5.27 Perhitungan Panjang Batang Pengikat Pada Sambungan Memanjang

Diameter Batang Pengikat (mm)	Panjang batang pengikat (mm)
a	$b=(38,3xa)+75$
16	687,8

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan pada perhitungan diatas maka diperoleh panjang batang pengikat sepanjang 687,8 mm kemudian dibulatkan menjadi 700 mm atau 70 cm. Untuk jarak antar batang pengikat berdasarkan Pd T-14-2003 ialah 75 cm.

Kemudian untuk diameter, panjang, dan jarak antar ruji, ditentukan berdasarkan Tabel 3.6. Pada Tabel 5.28 dibawah ini akan ditampilkan diameter, panjang, dan jarak antar ruji yang digunakan.

Tabel 5.28 Diameter, panjang dan jarak antar ruji yang digunakan

Tebal Perkerasan		Ruji					
		diameter		panjang		jarak	
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
10	240	1,25	32	18	450	12	300

Sumber: E.J Yoder, Principles of Pavement Design 2<sup>nd</sup> Ed, 1959

Berdasarkan itu maka digunakan ruji berdiameter 32 mm dengan panjang 450 mm dan jarak antar ruji 300 mm. Berikutnya akan dihitung biaya konstruksi awal dan biaya tahunan siklus hidup perkerasan jalan.

### 5.3 Analisis Biaya

Dalam subbab ini akan dijelaskan mengenai biaya yang akan terbagi menjadi 2 yaitu biaya konstruksi (*Initial Cost*) dan biaya tahunan atau biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*) perkerasan jalan yang diteliti.

#### 5.3.1 Biaya Langsung (*Initial Cost*)

Dari data geometri dan lalu lintas jalan eksisting yang telah diperoleh, kemudian direncanakan kembali perkerasan jalan dengan desain sebagai berikut:

Panjang jalan	: 7,8 Km
Lebar jalur lalu lintas	: 5,5 m
Kecepatan rencana	: 30-60 Km/jam
Jenis perkerasan	: <i>Rigid Pavement</i> – Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)
Jenis Pondasi	: <i>Cement Treated Subbase</i> (CTSB)
Jenis perkerasan bahu	: Lapis agregat kelas S

Berikutnya untuk analisis biaya diperlukan harga satuan upah pekerja, material, dan alat yang diperoleh dari Peraturan Bupati (PERBUP) Klaten No 1 tahun 2020 tentang Harga satuan Pokok Kegiatan kabupaten klaten tahun anggaran 2020. Namun harga satuan upah pekerja, material, dan alat merupakan harga pada tahun 2020, sehingga perlu dikonversi ke dalam tahun konstruksi dilaksanakan yaitu tahun 2022. Untuk melakukan konversi tersebut menggunakan metode *Future Value* dalam persamaan 5.1 dibawah ini.

$$FV = PV \times (1+i)^n \quad (5.1)$$

Dengan:

FV = Future Value (dalam Rp)

PV = Present Value (dalam Rp)

i = bunga (%)

n = tahun direncanakan, tahun harga sekarang

Untuk tingkat diskonto yang dipergunakan dalam mencari future value dari harga satuan upah, bahan, dan alat pada penelitian ini diperoleh dari analisis trend angka inflasi selama 5 tahun terakhir yaitu sebesar 1,55 %. Data nilai inflasi selama 5 tahun terakhir terlampir pada lampiran. Sedangkan harga satuan upah, bahan, dan alat pada tahun 2020 terlampir pada lampiran.

Setelah harga satuan diketahui maka biaya konstruksi dapat dihitung dengan membagi pekerjaan kedalam 10 divisi pekerjaan sesuai dengan Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Marga.

Berikut akan diberikan contoh perhitungan AHSP dan volume pada pekerjaan Divisi 5 Perkerasan Beton Semen, yaitu pekerjaan jalan beton. Tabel 5.29 perhitungan AHSP pekerjaan jalan beton

Tabel 5.29 Perhitungan AHSP pekerjaan jalan beton

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>TENAGA</b>				
1	Pekerja	Jam	1,4056	Rp 10.312,40	Rp 14.495,11
2	Tukang	Jam	0,7028	Rp 12.245,98	Rp 8.606,47
3	Mandor	Jam	0,1506	Rp 14.179,55	Rp 2.135,44
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					Rp 25.237,03
<b>B</b>	<b>BAHAN</b>				
1	Ready mix concrete	m3	1,05	Rp 1.390.000,00	Rp 1.459.500,00
2	Joint Sealant	Kg	0,99	Rp 56.718,21	Rp 56.151,03
3	Cat anti karat	Kg	0,02	Rp 40.218,37	Rp 804,37
4	Expansion cap	M2	0,17	Rp 18.562,32	Rp 3.155,60
5	Polytene 125 mikron	Kg	0,3281	Rp 49.499,53	Rp 16.240,80
6	Curing Compound	Ltr	0,6252	Rp 46.405,81	Rp 29.012,91
7	Multiple 12 mm	Lbr	0,16	Rp 252.653,86	Rp 40.424,62
8	Kayu acuan	M3	0,096	Rp 2.516.226,21	Rp 241.557,72

Lanjutan Tabel 5.29 Perhitungan AHSP pekerjaan jalan beton

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
9	paku	Kg	1,024	Rp 25.781,01	Rp 26.399,75
10	Additive	Ltr	0,8568	Rp 97.967,82	Rp 83.938,83
<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>					Rp 1.957.185,62
<b>C</b>	<b>PERALATAN</b>				
1	Concrete Vibrator	Jam	0,333	Rp 43.827,71	Rp 14.594,63
2	Water tanker	Jam	1	Rp 337.215,56	Rp 337.215,56
3	Slip Form paver	Jam	0,0074	Rp 309.372,08	Rp 2.289,35
<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>					Rp 354.099,54
<b>D</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A+B+C)</b>				Rp 2.336.522,19
<b>E</b>	<b>OVERHEAD&amp;PROFIT (10% X D)</b>				Rp 233.652,22
<b>F</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)</b>				Rp 2.570.174,41

Sumber: Hasil analisis, 2022

Berdasarkan Tabel 5.29 diatas dapat diketahui harga satuan pekerjaan perkerasan jalan beton ialah Rp 2.570.174,41 per m<sup>3</sup>. Berikutnya guna mengetahui biaya pekerjaan perkerasan jalan beton ialah dengan cara menghitung jumlah volume pekerjaan tersebut. Seperti yang diketahui bahwa perkerasan jalan yang direncanakan memiliki lebar rencana 5,5 m dengan panjang 7800 m serta tebal 0,24 m. Sehingga luas penampang perkerasan tersebut sebesar 1,32 m<sup>2</sup>. Kemudian guna mengetahui jumlah volume perkerasan maka luas penampang tersebut dikalikan dengan panjang perkerasan rencana, sehingga diperoleh volume perkerasan sebesar 10.296 m<sup>3</sup>.

Setelah diketahui volume pekerjaan perkerasan jalan beton maka dapat diperoleh biaya pekerjaan perkerasan dengan cara mengalikan nilai volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Sehingga diperoleh biaya pekerjaan perkerasan jalan beton sebesar Rp 26.462.515.707,42

Berikutnya langkah yang sama juga diterapkan saat menghitung item pekerjaan lainnya dalam spesifikasi umum pekerjaan konstruksi jalan tersebut. AHSP serta volume pekerjaan lainnya terlampir dalam lampiran 10 hingga lampiran 16 dan 17. Maka dapat diperoleh total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.30 berikut

Tabel 5.30 Total kuantitas dan jumlah harga pekerjaan

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
a	b	c	d	e	f= dxe
	<b>DIVISI 1. UMUM</b>				
1,1	Mobilisasi	LS	1	Rp 43.905.391,40	Rp 43.905.391,40
1,2	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	LS	1	Rp 3.342.769,08	Rp 3.342.769,08
	Jumlah Harga Pekerjaan Divisi I				Rp 47.248.160,48
	<b>DIVISI 2. DRAINASE</b>				
	Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 2				Rp -
	<b>DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH</b>				
3.1	Galian	m3	5.460	Rp 74.477,25	Rp 406.645.804,97
	Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 3				Rp 406.645.804,97
	<b>DIVISI 4. PELEBARAN DAN PERKERASAN BAHU JALAN</b>				
4.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	m3	5.460	Rp 572.464,30	Rp 3.125.655.087,71
	Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 4				Rp 3.125.655.087,71
	<b>DIVISI 5. PERKERASAN BETON</b>				
5.1	Beton Mutu f'c 30 Mpa	M3	10.296	Rp 2.570.174,41	Rp 26.462.515.707,42
5.2	Lapis Pondasi Bawah (Cement Treated Base)	m3	5.850	Rp 727.598,82	Rp 4.256.453.109,07
5.3	Batang Pengikat	kg	11.302	Rp 18.507,86	Rp 209.174.554,78
5.4	Ruji	kg	73.827	Rp 18.507,86	Rp 1.366.379.937,05
	Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 5				Rp 32.294.523.308,32
	<b>DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL</b>				
	Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 6				Rp -

Lanjutan Tabel 5.30 Total kuantitas dan jumlah harga pekerjaan

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	<b>DIVISI 7. STRUKTUR</b>				
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 7					Rp -
	<b>DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR</b>				
8.1	Marka Jalan Termoplastik	m2	2028	Rp 123.989,56	Rp 251.450.827,98
	Patok RMJ	bh	5	Rp 286.039,79	Rp 1.430.198,95
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 8					Rp 252.881.026,92
	<b>DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN</b>				
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 9					Rp -
	<b>DIVISI 10. PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN</b>				
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 10					Rp -

Sumber: Hasil Analisis, 2022



Berikutnya, pada tabel 5.31 berikut akan ditampilkan rekapitulasi jumlah harga pekerjaan sesuai masing-masing divisi pekerjaan.

Tabel 5.31 Rekapitulasi jumlah harga pekerjaan

No Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan
1	Umum	Rp 47.248.160,48
2	Drainase	Rp -
3	Pekerjaan Tanah	Rp 406.645.804,97
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	Rp 3.125.655.087,71
5	Perkerasan Beton Semen	Rp 32.294.523.308,32
6	Perkerasan Aspal	Rp -
7	Struktur	Rp -
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	Rp 252.881.026,92
9	Pekerjaan Harian	Rp -
10	Pekerjaan Pemeliharaan Rutin	Rp -
<b>A.</b>	<b>Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan keuntungan )</b>	<b>Rp36.126.953.388,40</b>
<b>B.</b>	<b>Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x A</b>	<b>Rp 3.612.695.338,84</b>
<b>C.</b>	<b>Jumlah Total Harga Pekerjaan = A + B</b>	<b>Rp39.739.648.727,24</b>

Sumber: Hasil analisis, 2022

Setelah biaya konstruksi awal didapatkan maka berikutnya perlu dihitung biaya siklus hidup perkerasan jalan selama umur rencana yang akan dibahas pada subbab berikutnya.

### 5.3.2 Biaya Siklus Hidup (*Life-Cycle Cost*)

Dalam menghitung biaya siklus hidup perkerasan kaku perlu terlebih dahulu direncanakan strategi perawatan dan rehabilitasi dari perkerasan tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan strategi perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku yang dirancang oleh *Pennsylvania Department of Transportation (PennDOT)* dengan sedikit modifikasi. Strategi perawatan dan rehabilitasi dengan metode PennDOT akan dilampirkan dalam Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5.32 Strategi Perawatan &amp; rehabilitasi Perkerasan Kaku PennDOT

<i>Year</i>	<i>Treatment</i>
5	<i>Clean and seal 25% of longitudinal joints</i>
	<i>Clean and seal 5% of transverse joints, 0% neoprene seals</i>
	<i>Seal coat shoulders if type I paved shoulders</i>
10	<i>same as years 5</i>
15	<i>Clean and seal 25% of longitudinal joints</i>
	<i>clean and seal 10% of transverse joints, 5% for neoprene seals</i>
	<i>seal coat shoulders if type I paved shoulders</i>
20	<i>Concrete patch 5% of pavement area</i>
	<i>spall repair 1% of Transverse joints (5 sf/joint)</i>
	<i>Slab stabilization: minimum 25% of transvers joint</i>
	<i>Diamond grind 100% of pavement area</i>
	<i>Clean and seal all longitudinal joints, including shoulders</i>
	<i>clean and seal all transverse joints, 7% for neoprene seals</i>
	<i>seal coat shoulders, if type I paved shoulders</i>
	<i>maintenance and protection of traffic</i>
<i>user delay</i>	
25	<i>Clean and seal 25% of longitudinal joints</i>
	<i>clean and seal 10% of transverse joints, 10% for neoprene seals</i>
	<i>seal coat shoulders, if type I paved shoulders</i>
30	<i>concrete patch 2% of pavement area</i>
	<i>clean and seal all joints with fiber asphalt membrane</i>
	<i>60-#/sy leveling course</i>
	<i>3.5-in ID-2 or 4-in ID-3/ID-2 overlay</i>
	<i>saw and seal joints</i>
	<i>Type 7 paved shoulders</i>
	<i>Adjust all guide rail and drainage structures</i>
	<i>aintenance and protection of traffic</i>
<i>user delay</i>	
35	<i>seal coat shoulders</i>

Sumber: PennDOT, Publication 242, 2015

Adapun modifikasi yang dilakukan dalam perawatan yang direncanakan dalam penelitian ini ialah dengan hanya menerapkan strategi perawatan dan rehabilitasi pada tahun ke 5, 10 dan 15 yang hanya berfokus pada perawatan sambungan (*joint maintenance*). Hal ini dilakukan karena perbedaan fungsi jalan

yang menjadi acuan dasar dalam perawatan serta penyesuaian dengan kondisi di Indonesia. Dalam penelitian ini direncanakan perawatan dan rehabilitasi dilakukan tiap 5 tahun sekali selama umur rencana. Berikut akan dilampirkan strategi perawatan yang akan digunakan yang tercantum pada Tabel 5.33 berikut

Tabel 5.33 Strategi perawatan perkerasan kaku yang digunakan

Tahun	Perawatan yang dilakukan
5	Pembersihan dan penyegelan 25% sambungan memanjang
	Pembersihan dan penyegelan 5% sambungan melintang
10	Pembersihan dan penyegelan 25% sambungan memanjang
	Pembersihan dan penyegelan 5% sambungan melintang
15	Pembersihan dan penyegelan 25% sambungan memanjang
	Pembersihan dan penyegelan 10% sambungan melintang
20	Pembersihan dan penyegelan 50% sambungan memanjang
	Pembersihan dan penyegelan 50% sambungan melintang
25	Pembersihan dan penyegelan 25% sambungan memanjang
	Pembersihan dan penyegelan 5% sambungan melintang
30	Pembersihan dan penyegelan 25% sambungan memanjang
	Pembersihan dan penyegelan 5% sambungan melintang
35	Pembersihan dan penyegelan 25% sambungan memanjang
	Pembersihan dan penyegelan 10% sambungan melintang
40	Pembersihan dan penyegelan 100% sambungan memanjang
	Pembersihan dan penyegelan 100% sambungan melintang

Dalam perhitungan biaya perawatan yang dikhususkan pada perawatan sambungan ini, maka terlebih dahulu perlu diketahui total panjang sambungan melintang dan memanjang pada perkerasan yang direncanakan.

Seperti yang direncanakan diawal bahwa total panjang ruas jalan dalam penelitian ini ialah 7800 m, maka bisa diketahui untuk panjang sambungan memanjang ialah 7800 m. Berikutnya untuk panjang sambungan melintang seperti diketahui bahwa jarak antar sambungan melintang ialah 4 meter, sedangkan untuk lebar jalan rencana ialah 5,5 meter. Sehingga dapat dihitung total panjang sambungan melintang ialah 7800 m dibagi 4 m lalu dikalikan 5,5 m sama dengan 10.725 m.

Setelah volume perawatan sambungan diketahui, maka biaya perawatan dapat dihitung dengan cara mengalikan volume perawatan sambungan tersebut dengan biaya per meter untuk pembersihan serta penyegelan sambungan pada perkerasan kaku yang direncanakan. Biaya satuan yang digunakan diambil dari harga satuan pekerjaan *Joint Sealant*. Harga satuan diasumsikan meningkat tiap tahun sehingga digunakan kembali rumus *future value*.

Berikut ditampilkan hasil perhitungan biaya perawatan sambungan perkerasan kaku selama umur rencana yang terlampir dalam Tabel 5.34

Tabel 5.34 Rekapitulasi biaya perawatan sambungan perkerasan kaku selama umur rencana

#	Tahun	Keterangan	Unit	Panjang/jumlah
Perawatan Sambungan #1	5	Sambungan Memanjang	m	1950
		Sambungan Melintang	buah	97,5
		Panjang sambungan melintang	m	5,5
		Total panjang perawatan	m	2486,25
		Harga satuan Biaya Perawatan		Rp 93.200,69
		<b>Biaya Perawatan #1</b>		Rp 231.720.209,06
Perawatan Sambungan #2	10	Sambungan Memanjang	m	1950
		Sambungan Melintang	buah	97,5
		Panjang sambungan melintang	m	5,5
		Total panjang perawatan	m	2486,25
		Harga satuan Biaya Perawatan	m	Rp 100.651,15
		<b>Biaya Perawatan #2</b>		Rp 250.243.929,11
Perawatan Sambungan #3	15	Sambungan Memanjang	m	1950
		Sambungan Melintang	buah	195
		Panjang sambungan melintang	m	5,5
		Total panjang perawatan	m	3022,5
		Harga satuan Biaya Perawatan		Rp 108.697,21
		<b>Biaya Perawatan #3</b>		Rp 328.537.314,20
Perawatan Sambungan #4	20	Sambungan Memanjang	m	3900
		Sambungan Melintang	buah	975
		Panjang sambungan melintang	m	5,5
		Total panjang perawatan	m	9262,5

		Harga satuan Biaya Perawatan		Rp 117.386,47
		<b>Biaya Perawatan #4</b>		Rp 1.087.292.150,19
Perawatan Sambungan #5	25	Sambungan Memanjang	m	1950
		Sambungan Melintang	buah	97,5
		Panjang sambungan melintang	m	5,5
		Total panjang perawatan	m	2486,25
		Harga satuan Biaya Perawatan		Rp 126.770,34
		<b>Biaya Perawatan #5</b>		Rp 315.182.768,87
Perawatan Sambungan #6	30	Sambungan Memanjang	m	1950
		Sambungan Melintang	buah	97,5
		Panjang sambungan melintang	m	5,5
		Total panjang perawatan	m	2486,25
		Harga satuan Biaya Perawatan	m	Rp 136.904,37
		<b>Biaya Perawatan #6</b>		Rp 340.378.488,31
Perawatan Sambungan #7	35	Sambungan Memanjang	m	1950
		Sambungan Melintang	buah	195
		Panjang sambungan melintang	m	5,5
		Total panjang perawatan	m	3022,5
		Harga satuan Biaya Perawatan		Rp 147.848,51
		<b>Biaya Perawatan #7</b>		Rp 446.872.116,97
Perawatan Sambungan #8	40	Sambungan Memanjang	m	7800
		Sambungan Melintang	buah	1950
		Panjang sambungan melintang	m	5,5
		Total panjang perawatan	m	18525
		Harga satuan Biaya Perawatan		Rp 159.667,52
		<b>Biaya Perawatan #8</b>		Rp 2.957.840.853,50

Sumber: Hasil analisis, 2022

Dari Tabel 5.34 diatas biaya perawatan yang diketahui masih berupa *future value* sedangkan dalam penelitian ini menggunakan *Net Present Value (NPV)* sehingga seluruh biaya harus nilai sekarang maka biaya perawatan yang sudah diketahui dikonversi menjadi nilai sekarang (*present value*) atau nilai pada tahun ke-0. Dalam menghitung nilai sekarang dari suatu nilai masa depan, maka digunakan persamaan 5.2 berikut

$$PV = FV \times \frac{1}{(1+i)^n} \quad 5.2$$

Dengan:

PV = *present value* (dalam Rp)

FV = *Future Value* (dalam Rp)

i = Diskonto (%)

n = tahun ke-n

Sama seperti dengan rumus mencari *future value*, dalam rumus mencari *present value* ada unsur diskonto (i) . Namun, dalam menghitung *present value* nilai diskonto yang digunakan bukanlah suku bunga inflasi melainkan suku bunga acuan terkini yang ditetapkan oleh otoritas perbankan indonesia yaitu Bank Indonesia. Data suku bunga yang digunakan terlampir pada Lampiran 5 yang diperoleh dari situs resmi Bank Indonesia menunjukkan nilai BI 7-Day Repo Rate tiap bulan mulai dari bulan januari 2017 hingga mei 2022. Setelah dilakukan analisis dengan fungsi trend pada excel diperoleh nilai diskonto sebesar 3,68 % . Maka dalam penelitian ini diasumsikan nilai BI rate sebesar 3,68 % .

Berikutnya dapat dihitung *Present Value* dari *future value* biaya perawatan perkerasan kaku yang direncanakan. Dalam tabel 5.35 berikut dicantumkan biaya konstruksi awal serta biaya perawatan baik dalam *future value* maupun *present value*.

Tabel 5.35 Biaya konstruksi dan biaya perawatan selama umur rencana

Tahun		Biaya Konstruksi Awal	Biaya Perawatan	
			Future value	present value
0	2022	Rp 39.739.648.727,24		
1	2023			
2	2024			
3	2025			
4	2026			
5	2027		Rp 231.720.209,06	Rp 193.414.473,11
6	2028			
7	2029			

Lanjutan Tabel 5.35 Biaya konstruksi dan biaya perawatan selama umur rencana

Tahun		Biaya Konstruksi Awal	Biaya Perawatan	
			Future value	present value
8	2030			
9	2031			
10	2032		Rp 250.243.929,11	Rp 174.346.673,32
11	2033			
12	2034			
13	2035			
14	2036			
15	2037		Rp 328.537.314,20	Rp 191.055.645,23
16	2038			
17	2039			
18	2040			
19	2041			
20	2042		Rp1.087.292.150,19	Rp 527.772.165,64
21	2043			
22	2044			
23	2045			
24	2046			
25	2047		Rp 315.182.768,87	Rp 127.699.075,55
26	2048			
27	2049			
28	2050			
29	2051			
30	2052		Rp 340.378.488,31	Rp 115.109.839,76
31	2053			
32	2054			
33	2055			
34	2056			
35	2057		Rp 446.872.116,97	Rp 126.141.693,96
36	2058			
37	2059			
38	2060			
39	2061			
40	2062		Rp2.957.840.853,50	Rp 696.907.698,48
<b>TOTAL</b>		<b>Rp39.739.648.727,24</b>		<b>Rp 2.152.447.265,05</b>

Sumber: Hasil analisis, 2022

Hasil perhitungan *present value* dari perawatan perkerasan yang direncanakan ditambah dengan biaya konstruksi awal merupakan biaya siklus hidup perkerasan kaku ruas jalan yang direncanakan atau ruas jalan deles indah.

Maka berikutnya bisa diperoleh biaya siklus hidup perkerasan kaku sebesar Rp 41.892.095.992,29. Total biaya sekarang perkerasan selama umur rencana ini nanti akan dimasukkan dalam rumus analisis manfaat-biaya (B/C), dimana untuk nilai *benefit* dari perkerasan tersebut akan dijelaskan dalam subbab selanjutnya.

#### 5.4 Analisis Manfaat

Manfaat yang akan dianalisis dalam penelitian ini ialah penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) tidak tetap (*running cost*). Analisis manfaat perkerasan akan membandingkan Biaya Operasional Kendaraan antara perkerasan jalan eksisting (*without project*) dengan perkerasan jalan baru (*with project*).

##### 5.4.1 Perhitungan BOK Without Project

Dalam perhitungan BOK dibutuhkan beberapa harga item yang akan dipaparkan dalam Tabel 5.36 berikut

Tabel 5.36 Daftar item dan harga unit BOK yang digunakan

No	Item Biaya	Harga Ekonomi	Satuan
1	Bensin	Rp 7.650,00	Rp/Liter
2	Solar	Rp 5.150,00	Rp/liter
3	Oli		
	Sedan	Rp 78.000,00	Rp/liter
	Utiliti	Rp 78.000,00	Rp/liter
	Bus Kecil	Rp 55.000,00	Rp/liter
	Bus Besar	Rp 55.000,00	Rp/liter
	Truk Ringan	Rp 55.000,00	Rp/liter
	Truk Sedang	Rp 55.000,00	Rp/liter
	Truk Berat	Rp 55.000,00	Rp/liter
4	Kendaraan baru		
	Sedan	Rp 337.000.000,00	Rp/Kendaraan
	Utiliti	Rp 172.000.000,00	Rp/Kendaraan
	Bus Kecil	Rp 850.000.000,00	Rp/Kendaraan
	Bus Besar	Rp 1.500.000.000,00	Rp/Kendaraan
	Truk Ringan	Rp 361.000.000,00	Rp/Kendaraan
	Truk Sedang	Rp 443.000.000,00	Rp/Kendaraan



Lanjutan Tabel 5.36 Daftar item dan harga unit BOK yang digunakan

No	Item Biaya	Harga Ekonomi	Satuan
	Truk Berat	Rp 856.000.000,00	Rp/Kendaraan
5	Upah Tenaga Pemeliharaan	Rp 10.498,04	Rp/jam
6	Ban Baru		
	Sedan	Rp 1.090.000,00	Rp/Ban Baru
	Utiliti	Rp 1.090.000,00	Rp/Ban Baru
	Bus Kecil	Rp 2.125.000,00	Rp/Ban Baru
	Bus Besar	Rp 2.955.000,00	Rp/Ban Baru
	Truk Ringan	Rp 1.750.000,00	Rp/Ban Baru
	Truk Sedang	Rp 2.150.000,00	Rp/Ban Baru
	Truk Berat	Rp 4.329.000,00	Rp/Ban Baru

Sumber: Data Sekunder, 2022

#### A. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Beberapa input data yang diperlukan dalam mencari biaya konsumsi bahan bakar ialah kecepatan rata-rata lalu lintas, percepatan rata-rata, simpangan baku percepatan, tanjakan dan turunan serta berat kendaraan total yang direkomendasikan.

Untuk kecepatan rata-rata lalu lintas perkerasan eksisting, dikarenakan perkerasan eksisting mengalami kerusakan yang parah, maka kecepatan rata-rata lalu lintas disumsikan 10 km/jam untuk mobil penumpang, sedangkan untuk truk dan bus diasumsikan 5 km/jam.

Sementara untuk percepatan rata-rata dihitung menggunakan persamaan 3.8. untuk kapasitas jalan serta volume lalu lintas pada perkerasan eksisting ini diasumsikan sama seperti ruas Suruh-singlar yakni dengan volume 106 kendaraan/jam dan kapasitas jalan 1575,28 kendaraan/jam. Pada tabel 5.37 berikut akan ditampilkan perhitungan percepatan rata-rata.

Tabel 5.37 Perhitungan percepatan rata-rata

Volume Lalu lintas (v)	Kapasitas Jalan (c)	AR
a	b	$c = 0,012 \times (a/b)$
106	1575,28	0,0008075

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Setelah dilakukan perhitungan maka diperoleh percepatan rata-rata pada perkerasan eksisting sebesar 0,0008075.

Sedangkan untuk perhitungan simpangan baku percepatan menggunakan persamaan 3.9. pada Tabel 5.38 berikut akan ditampilkan perhitungan simpangan baku.

Tabel 5.38 Perhitungan simpangan baku percepatan

SA max	a0	a1	v	c	SA
0,75	5,14	-8,264	106	1575,28	0,778

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan diatas maka diperoleh nilai simpangan baku percepatan (SA) sebesar 0,778.

Berikutnya perhitungan tanjakan dan turunan ditentukan menggunakan Tabel 3.9 tentang alinemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai median jalan. Kondisi medan jalan pada perkerasan yang direncanakan ini terletak di kecamatan kemalang dimana daerahnya termasuk perbukitan. Tabel 5.39 berikut akan menampilkan nilai tanjakan rata-rata dan turunan rata-rata yang digunakan.

Tabel 5.39 Nilai tanjakan rata-rata dan turunan rata-rata yang digunakan

No	Kondisi Medan	Tanjakan rata rata (m/km)	Turunan rata-rata (m/km)
1	Bukit	12,5	-12,5

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi

Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

Berikutnya untuk berat kendaraan total yang digunakan ialah nilai maksimum dari tabel 3.10. pada Tabel 5.40 berikut akan dipaparkan berat kendaraan total yang digunakan.

Tabel 5.40 Berat kendaraan total yang digunakan

Jenis kendaraan	Nilai maksimum (ton)
Sedan	1,5
Utiliti	2,0
Bus Kecil	4,0
Bus Besar	12,0
truk Ringan	6,0
Truk Sedang	15,0
Truk Berat	25,0

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi

Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005.

Berikutnya dihitung biaya konsumsi bahan bakar minyak menggunakan persamaan 3.10.

Menurut persamaan 3.10, nilai KBBMi harus dicari terlebih dahulu. Untuk mencari KBBMi menggunakan persamaan 3.11.

Nilai konstanta dan koefisien parameter dalam persamaan 3.11 telah ditentukan sesuai yang tercantum dalam Tabel 3.11 tentang nilai konstanta dan koefisien-koefisien parameter model konsumsi BBM.

Berdasarkan persamaan 3.11 dan persamaan 3.10 hasil KBBMi dan BiBBMj ditampilkan dalam Tabel 5.41 berikut

Tabel 5.41 Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (BiBBMj) perkerasan eksisting

Jenis kendaraan	KBBMi (litr/km)	HBBMj (Rp/Litr)	BiBBMj (Rp/km)
a	b	c	d = b x c
Sedan	0,1783	Rp 7.650,00	Rp 1.364,13
Utiliti	0,1964	Rp 7.650,00	Rp 1.502,49
Bus Kecil	0,3465	Rp 5.150,00	Rp 1.784,71
Bus Besar	0,5788	Rp 5.150,00	Rp 2.980,70
Truk Ringan	0,4132	Rp 5.150,00	Rp 2.127,78
Truk Sedang	0,3339	Rp 5.150,00	Rp 1.719,55
Truk Berat	1,2607	Rp 5.150,00	Rp 6.492,40

Sumber: Hasil Analisis, 2022

## B. Biaya Konsumsi Oli

Biaya konsumsi tiap jenis kendaraan dapat dihitung dengan persamaan 3.12. sementara Koi dihitung menggunakan persamaan 3.13. berikutnya OHKi sendiri didapat dari persamaan 3.14. pada Tabel 5.42 berikut akan ditampilkan perhitungan OHKj.

Nilai OHOi, KPOi dan JPOi didapat dari tabel 3.12 tentang nilai tipikal JPOi, Kpi dan OHOi. Hasil perhitungan biaya konsumsi oli akan ditampilkan dalam Tabel 5.42 berikut

Tabel 5.42 Biaya Konsumsi Oli

Jenis Kendaraan	JPOi	KA POi	OHOi	OH Ki	KBBMi (ltr/km)	Koi(ltr/km)	Hoj(Rp/ltr)	Boi(Rp/km)
a	b	c	d	$e=c/b$	f	$g=(d+e) \times f$	h	$i= g \times h$
Sedan	2000	3,5	0,0000 028	0,00 175	0,17831 7445	0,0003125 55	Rp 78.000,00	Rp 24,38
Utiliti	2000	3,5	0,0000 028	0,00 175	0,19640 3349	0,0003442 56	Rp 78.000,00	Rp 26,85
Bus Kecil	2000	6	0,0000 028	0,00 3	0,34654 491	0,0010406 05	Rp 55.000,00	Rp 57,23
Bus Besar	2000	12	0,0000 028	0,00 6	0,57877 6512	0,0034742 8	Rp 55.000,00	Rp 191,09
Truk Ringan	2000	6	0,0000 028	0,00 3	0,41316 0804	0,0012406 39	Rp 55.000,00	Rp 68,24
Truk Sedang	2000	12	0,0000 028	0,00 6	0,33389 4043	0,0020042 99	Rp 55.000,00	Rp 110,24
Truk Berat	2000	24	0,0000 028	0,01 2	1,26065 9505	0,0151314 44	Rp 55.000,00	Rp 832,23

Sumber: Hasil Analisis, 2022

### C, Biaya Konsumsi Suku Cadang

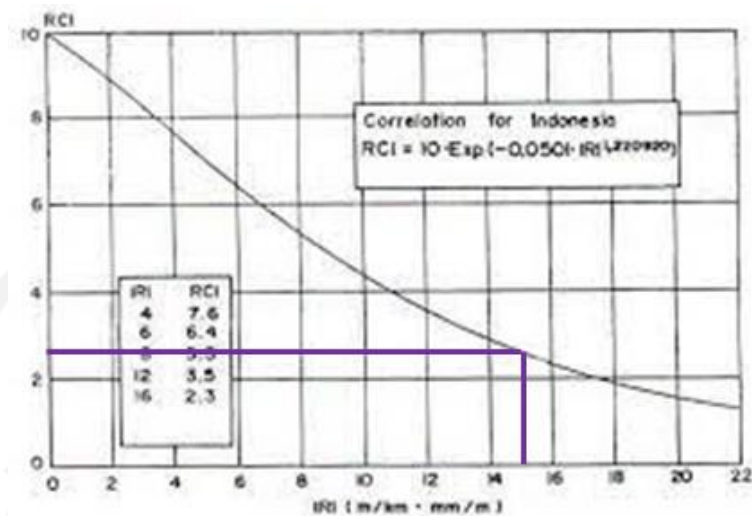
Beberapa input yang perlu diperhatikan dalam mencari biaya konsumsi suku cadang ialah kekasaran permukaan jalan dan harga kendaraan baru. Untuk nilai kekerasan perkerasan jalan, dikarenakan kondisi perkerasan eksisting pada kondisi rusak, maka nilai kekerasan permukaan yang digunakan berdasarkan Tabel 3.13 tentang kondisi permukaan secara visual dan nilai RCI. Tabel 5.43 berikut menampilkan nilai RCI permukaan jalan eksisting yang digunakan

Tabel 5.43 Nilai RCI permukaan jalan yang digunakan

RCI	Kondisi Permukaan jalan secara visual
2-3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur

Sumber: Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992

Berdasarkan Tabel 5.43 tersebut maka diasumsikan nilai RCI sebesar 2,5 dimana kondisi permukaan jalan rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur. Nilai RCI tersebut kemudian dikonversikan kedalam nilai IRI menggunakan grafik pada Gambar 3.6 . Gambar 5.6 berikut akan menampilkan penentuan nilai IRI



Gambar 5.6 Penentuan Nilai IRI berdasarkan nilai RCI

Berdasarkan grafik diatas maka nilai IRI yang diperoleh ialah sebesar 15. Berikutnya input yang lain ialah harga kendaraan baru. Harga kendaraan baru diperoleh melalui survei internet.

Biaya konsumsi suku cadang dapat dihitung menggunakan persamaan 3.15. sedangkan  $P_i$  yang menjadi unsur persamaan 3.15 dapat dicari menggunakan persamaan 3.16. Seperti yang diketahui sebelumnya nilai IRI ialah sebesar 15. Untuk KJT<sub>i</sub> digunakan asumsi semua jenis kendaraan memiliki jarak tempuh 5000 km untuk satu kali perawatan. Sedangkan untuk nilai  $\phi$  serta  $\gamma_1$  &  $\gamma_2$  diperoleh dari Tabel 3.14. Tabel 5.44 berikut memaparkan perhitungan  $P_i$ .

Tabel 5.44 Perhitungan Nilai  $P_i$

Jenis Kendaraan	$\phi$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	IRI	KJT	$P_i$
Sedan	-0,69	0,42	0,1	15	5000	4,158
Utiliti	-0,69	0,42	0,1	15	5000	4,158
Bus Kecil	-0,73	0,43	0,1	15	5000	4,239
Bus Besar	-0,15	0,13	0,1	15	5000	1,334
Truk Ringan	-0,64	0,27	0,2	15	5000	1,873
Truk Sedang	-1,26	0,46	0,1	15	5000	4,180
Truk Berat	-0,86	0,32	0,4	15	5000	1,189

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan itu kemudian dapat dihitung biaya konsumsi suku cadang. Tabel 5.45 berikut akan menampilkan hasil perhitungan biaya konsumsi suku cadang sesuai jenis kendaraan.

Tabel 5.45 Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BPi) perkerasan eksisting

Jenis Kendaraan	Pi	HKBi	BPi (RP/km)
Sedan	4,158	Rp 337.000.000,00	Rp 1.401,167
Utiliti	4,158	Rp 172.000.000,00	Rp 715,135
Bus Kecil	4,239	Rp 850.000.000,00	Rp 3.603,396
Bus Besar	1,334	Rp 1.500.000.000,00	Rp 2.001,063
Truk Ringan	1,873	Rp 361.000.000,00	Rp 676,170
Truk Sedang	4,180	Rp 443.000.000,00	Rp 1.851,739
Truk Berat	1,189	Rp 856.000.000,00	Rp 1.017,555

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### D. Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Biaya upah perbaikan kendaraan dapat dihitung dengan persamaan 3.17. sedangkan guna menghitung Jpi yang menjadi unsur persamaan 3.17 digunakan persamaan 3.18

Nilai a0 dan a1 yang menjadi unsur dalam persamaan 3.18 didapat dari Tabel 3.15. dalam Tabel 5.46 brikut ditampilkan perhitungan nilai JPi

Tabel 5.46 Perhitungan nilai JPi

Jenis Kendaraan	Pi	a0	a1	Jpi (jam/1000km)
Sedan	4,158	77,14	0,547	168,188
Utiliti	4,158	77,14	0,547	168,188
Bus Kecil	4,239	242,03	0,519	512,194
Bus Besar	1,334	293,44	0,517	340,590
Truk Ringan	1,873	242,03	0,519	335,214
Truk Sedang	4,180	242,03	0,517	507,011
Truk Berat	1,189	301,46	0,519	329,760

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Sedangkan UTP didapatkan dari upah montir perbulan sebesar Upah Minimum Regional Kabupaten Klaten sebesar Rp 2.015.623 dibagi dengan jumlah jam kerja selama satu bulan. Untuk jam kerja tiap hari montir diasumsikan 8 jam. Dalam satu minggu montir bekerja selama 6 hari. Maka bisa dihitung total jam

kerja montir dalam sebulan ialah 192 jam. Maka diperoleh upah montir per jam atau UTP sebesar Rp 10.498,04. Berdasarkan data tersebut maka biaya upah perbaikan kendaraan dapat dihitung. Tabel 5.47 berikut akan memaparkan rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan tiap jenis kendaraan.

Tabel 5.47 Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (Bui) perkerasan eksisting

Jenis Kendaraan	Jpi (jam/1000km)	UTP (Rp/jam)	BUi (Rp/km)
Sedan	168,188	Rp 10.498,04	Rp 1.765,648
Utiliti	168,188	Rp 10.498,04	Rp 1.765,648
Bus Kecil	512,194	Rp 10.498,04	Rp 5.377,029
Bus Besar	340,590	Rp 10.498,04	Rp 3.575,527
Truk Ringan	335,214	Rp 10.498,04	Rp 3.519,086
Truk Sedang	507,011	Rp 10.498,04	Rp 5.322,618
Truk Berat	329,760	Rp 10.498,04	Rp 3.461,836

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### E. Biaya Konsumsi Ban

Beberapa item yang perlu diketahui sebelum menghitung biaya konsumsi ban ialah nilai tanjakan dan turunan ( $TT_R$ ) dan derajat tikungan ( $DT_R$ ). Nilai  $TT_R$  didapat dari Tabel 3.16, sedangkan nilai  $DT_R$  didapat dari Tabel 3.17. Tabel 5.48 berikut merangkum nilai  $TT_R$  dan  $DT_R$  yang akan digunakan.

Tabel 5.48 Nilai  $TT_R$  dan  $DT_R$  yang digunakan

Kondisi medan	TTR (m/km)	DTR ( $^{\circ}$ /km)
Bukit	25	115

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

Berdasarkan Tabel 5.48 tersebut maka diketahui nilai TTR ialah 25 m/km, sedangkan nilai DTR yang digunakan 115  $^{\circ}$ /km.

Biaya konsumsi ban didapat dari persamaan 3.19. sedangkan K<sub>Bi</sub> yang menjadi unsur dalam persamaan 3.19 dihitung dengan persamaan 3.20.

Nilai konstanta dan koefisien parameter yang menjadi unsur persamaan 3.20 didapat dari Tabel 3.18. Tabel 5.49 berikut dipaparkan perhitungan K<sub>Bi</sub>



Tabel 5.49 Perhitungan KBi

$\chi$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	IR I	TTR (m/km)	DTR (/km)	Kbi (EBB/1000km)
0,01471	0,01489			15	25	115	0,20864
0,01905	0,01489			15	25	115	0,2424
0,024	0,025	0,0035	0,00067	15	25	115	0,56355
0,10153		0,000963	0,000244	15	25	115	0,153665
0,024	0,025	0,0035	0,00067	15	25	115	0,56355
0,095835		0,001738	0,000184	15	25	115	0,160445
0,15835		0,00256	0,00028	15	25	115	0,25455

Sumber: Hasil analisis, 2022

Berdasarkan Tabel 5.49 diatas maka biaya konsumsi ban dapat dihitung. Tabel 5.50 berikut akan menampilkan rekapitulasi biaya konsumsi ban tiap jnis kendaraan.

Tabel 5.50 Rekapitulasi Biaya konsumsi ban (Bbi) perkerasan eksisting

Jenis Kendaraan	Kbi (EBB/1000km)	HBj (Rp)	Bbi (Rp/km)
Sedan	0,20864	Rp 4.360.000,00	Rp 909,67
Utiliti	0,2424	Rp 5.450.000,00	Rp 1.321,08
Bus Kecil	0,56355	Rp 12.750.000,00	Rp 7.185,26
Bus Besar	0,153665	Rp 17.730.000,00	Rp 2.724,48
Truk Ringan	0,56355	Rp 7.000.000,00	Rp 3.944,85
Truk Sedang	0,160445	Rp 8.600.000,00	Rp 1.379,83
Truk Berat	0,25455	Rp 17.316.000,00	Rp 4.407,79

Sumber: Hasil analisis, 2022

Setelah diperoleh semua biaya dalam unsur BOK tidak tetap tersebut, maka nilai BTT dapat dihitung dengan persamaan 3.21. Tabel 5.51 berikut akan menampilkan rekapitulasi BTT *without project*.



Tabel 5.51 Rekapitulasi BOK tidak tetap *without project*

Jenis Kendaraan	Komponen BOK Tidak Tetap (Rp/km)					BOK Tidak Tetap (Rp/km)
	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah	Ban	
Sedan	Rp 1.364,13	Rp 24,38	Rp 1.401,167	Rp 1.765,648	Rp 909,67	Rp 5.464,992
Utiliti	Rp 1.502,49	Rp 26,85	Rp 715,135	Rp 1.765,648	Rp 1.321,08	Rp 5.331,201
Bus Kecil	Rp 1.784,71	Rp 57,23	Rp 3.603,396	Rp 5.377,029	Rp 7.185,26	Rp 18.007,627
Bus Besar	Rp 2.980,70	Rp 191,09	Rp 2.001,063	Rp 3.575,527	Rp 2.724,48	Rp 11.472,855
Truk Ringan	Rp 2.127,78	Rp 68,24	Rp 676,170	Rp 3.519,086	Rp 3.944,85	Rp 10.336,119
Truk Sedang	Rp 1.719,55	Rp 110,24	Rp 1.851,739	Rp 5.322,618	Rp 1.379,83	Rp 10.383,975
Truk Berat	Rp 6.492,40	Rp 832,23	Rp 1.017,555	Rp 3.461,836	Rp 4.407,79	Rp 16.211,805

Sumber: Hasil analisis, 2022

Setelah nilai BOK tidak tetap *without project* didapat, maka berikutnya dicari BOK tidak tetap *with project*.

#### 5.4.2 Perhitungan BOK with project

Langkah perhitungan BOK untuk perkerasan baru sama seperti perhitungan BOK pada perkerasan eksisting. Perbedaannya hanya dalam input kecepatan rencana dan nilai IRI. Seperti yang diketahui bahwa perkerasan baru akan memberikan kenyamanan dalam berkendara. Maka dari itu untuk kecepatan rencana yang digunakan untuk mobil penumpang diasumsikan 60 km/jam sedangkan untuk kendaraan berat 30 km/jam.

Untuk nilai IRI, karena perkerasan baru dan secara fisik dapat dinilai baik dalam kategori RCI, maka nilai RCI yang digunakan adalah 6. Nilai RCI tersebut apabila dikonversi ke nilai IRI menjadi 6,7. Maka berikutnya dapat dihitung biaya operasional kendaraan sebagaimana pada perhitungan perkerasan eksisting.

#### A. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Setelah dilakukan sesuai dengan langkah langkah seperti pada perkerasan eksisting maka diperoleh biaya konsumsi bahan bakar pada perkerasan baru didapatkan hasil perhitungan yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.52 berikut.

Tabel 5.52 Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (BiBBMj) perkerasan baru

<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>KBBMi (Ltr/km)</b>	<b>HBBMj (Rp/liter)</b>	<b>BiBBMj (Rp/km)</b>
Sedan	0,0928	Rp 7.650,00	Rp 710,18
Utiliti	0,1123	Rp 7.650,00	Rp 859,25
Bus Kecil	0,1783	Rp 5.150,00	Rp 918,18
Bus Besar	0,2681	Rp 5.150,00	Rp 1.380,85
Truk Ringan	0,3275	Rp 5.150,00	Rp 1.686,51
Truk Sedang	0,3457	Rp 5.150,00	Rp 1.780,39
Truk Berat	0,6395	Rp 5.150,00	Rp 3.293,56

Sumber: Hasil analisis, 2022

#### B. Biaya Konsumsi Oli

Dari perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan biaya konsumsi oli yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.53 berikut ini

Tabel 5.53 Rekapitulasi biaya konsumsi oli (BOi) perkerasan baru

<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>Koi (liter/km)</b>	<b>Hoj (Rp/Liter)</b>	<b>Boi (Rp/km)</b>
Sedan	0,00016272	Rp 78.000,00	Rp 12,69
Utiliti	0,00019687	Rp 78.000,00	Rp 15,36
Bus Kecil	0,00053536	Rp 55.000,00	Rp 29,44
Bus Besar	0,00160951	Rp 55.000,00	Rp 88,52
Truk Ringan	0,00098335	Rp 55.000,00	Rp 54,08
Truk Sedang	0,00207521	Rp 55.000,00	Rp 114,14
Truk Berat	0,0076761	Rp 55.000,00	Rp 422,19

Sumber: Hasil analisis, 2022

#### C. Biaya Konsumsi Suku Cadang

Dari perhitungan yang sudah dilakukan terhadap perkerasan baru diperoleh biaya konsumsi suku cadang yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.54 berikut

Tabel 5.54 Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BPi) perkerasan baru

Jenis Kendaraan	Pi	HKBi (Rp)	BPi (Rp/km)
Sedan	1,574	Rp 337.000.000,00	Rp 530,495
Utiliti	1,574	Rp 172.000.000,00	Rp 270,757
Bus Kecil	1,594	Rp 850.000.000,00	Rp 1.355,053
Bus Besar	0,534	Rp 1.500.000.000,00	Rp 801,537
Truk Ringan	0,642	Rp 361.000.000,00	Rp 231,801
Truk Sedang	1,350	Rp 443.000.000,00	Rp 598,204
Truk Berat	0,387	Rp 856.000.000,00	Rp 331,609

Hasil analisis: 2022

## D. Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Dari perhitungan yang sudah dilakukan diperoleh biaya perbaikan kendaraan pada perkerasan baru yang akan ditampilkkan dalam Tabel 5.50 berikut

Tabel 5.55 Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (BUi) perkerasan baru

Jenis Kendaraan	Jpi (jam/1000km)	UTP (Rp/jam)	Bui (Rp/km)
Sedan	98,871	Rp 10.498,04	Rp 1.037,946
Utiliti	98,871	Rp 10.498,04	Rp 1.037,946
Bus Kecil	308,309	Rp 10.498,04	Rp 3.236,638
Bus Besar	212,231	Rp 10.498,04	Rp 2.228,008
Truk Ringan	192,317	Rp 10.498,04	Rp 2.018,952
Truk Sedang	282,689	Rp 10.498,04	Rp 2.967,683
Truk Berat	184,281	Rp 10.498,04	Rp 1.934,591

Sumber: Hasil analisis, 2022

## E. Biaya Konsumsi Ban

Dari perhitungan yang sudah dilakukan diperoleh biaya konsumsi ban pada perkerasan baru yang akan ditampilkkan dalam Tabel 5.56 berikut

Tabel 5.56 Rekapitulasi biaya konsumsi ban (Bbi) perkerasan baru

Jenis Kendaraan	Kbi (EBB/1000km)	HBj (Rp)	Bbi (Rp/km)
Sedan	0,085053	Rp 4.360.000,00	Rp 370,83
Utiliti	0,118813	Rp 5.450.000,00	Rp 647,53
Bus Kecil	0,35605	Rp 12.750.000,00	Rp 4.539,64
Bus Besar	0,153665	Rp 17.730.000,00	Rp 2.724,48
Truk Ringan	0,35605	Rp 7.000.000,00	Rp 2.492,35
Truk Sedang	0,160445	Rp 8.600.000,00	Rp 1.379,83
Truk Berat	0,25455	Rp 17.316.000,00	Rp 4.407,79

Sumber: Hasil analisis, 2022

Berdasarkan perhitungan biaya yang sudah dilakukan maka dapat dicari BOK tidak tetap dari perkerasan baru. Berikut BOK tidak tetap untuk perkerasan baru yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.57 berikut

Tabel 5.57 Rekapitulasi Biaya Tidak Tetap BOK *with project*

Jenis Kendaraan	Komponen BOK Tidak Tetap (Rp/km)					BOK Tidak Tetap (Rp/km)
	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah	Ban	
Sedan	Rp 710,18	Rp 12,69	Rp 530,495	Rp 1.037,946	Rp 370,83	Rp 2.662,146
Utiliti	Rp 859,25	Rp 15,36	Rp 270,757	Rp 1.037,946	Rp 647,53	Rp 2.830,839
Bus Kecil	Rp 918,18	Rp 29,44	Rp 1.355,053	Rp 3.236,638	Rp 4.539,64	Rp 10.078,950
Bus Besar	Rp 1.380,85	Rp 88,52	Rp 801,537	Rp 2.228,008	Rp 2.724,48	Rp 7.223,400
Truk Ringan	Rp 1.686,51	Rp 54,08	Rp 231,801	Rp 2.018,952	Rp 2.492,35	Rp 6.483,697
Truk Sedang	Rp 1.780,39	Rp 114,14	Rp 598,204	Rp 2.967,683	Rp 1.379,83	Rp 6.840,239
Truk Berat	Rp 3.293,56	Rp 422,19	Rp 331,609	Rp 1.934,591	Rp 4.407,79	Rp 10.389,734

Sumber: Hasil analisis, 2022

### 5.4.3 Biaya Penghematan BOK

Berdasarkan perhitungan antara BOK *without project* dan BOK *with project* maka akan didapatkan penghematan BOK seperti yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.58 berikut ini

Tabel 5.58 Perbandingan BOK *Without Project* dan *With Project* tiap km perkerasan

Jenis Kendaraan	BOK Tidak Tetap Without Project (Rp/km)	BOK Tidak Tetap With Project (Rp/km)	Penghematan BOK (Rp/km)
Sedan	Rp 5.464,992	Rp 2.662,146	Rp 2.802,847
Utiliti	Rp 5.331,201	Rp 2.830,839	Rp 2.500,362
Bus Kecil	Rp 18.007,627	Rp 10.078,950	Rp 7.928,677
Bus Besar	Rp 11.472,855	Rp 7.223,400	Rp 4.249,455
Truk Ringan	Rp 10.336,119	Rp 6.483,697	Rp 3.852,422
Truk Sedang	Rp 10.383,975	Rp 6.840,239	Rp 3.543,736
Truk Berat	Rp 16.211,805	Rp 10.389,734	Rp 5.822,071

Sumber: Hasil analisis, 2022

Berdasarkan Tabel 5.58 diatas, bisa dipastikan dengan adanya pembangunan perkerasan aru akan menghemat biaya operasi kendaraan bagi para pengemudi kendaraan. Selanjutnya nilai penghematan BOK tersebut akan di input kedalam data lalu lintas yang terjadi dan data lalu lintas diasumsikan sama seperti ruas Suruh-Singlar dan telah dipergunakan dalam perhitungan menentukan tebal perkerasan beton pada subbab analisis tebal perkerasan diatas. Selanjutnya maka dapat diperoleh total nilai penghematan Biaya Operasional Kendaraan tidak tetap yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.59 berikut

Tabel 5.59 Total Penghematan BOK biaya tidak tetap selama umur rencana

n	Tahun	LHRT Golongan Kendaraan (kend/tahun)				Penghematan BOK (Rp/Kendaraan)				Penghematan BOK (Rp)				Total Penghematan	(P/F, 5%,n)
		Mobil Penumpang	Utiliti	Truk Ringan	Truk Berat	Mobil Penumpang	Utiliti	Truk Ringan	Truk Berat	Sedan (Mobil Penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truk Berat		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j=bx	k=cxg	i=dxh		
0	2022	3487	11624	17435	22472	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 76.235.556,709	Rp 226.693.917,662	Rp 523.916.499,539	Rp 1.020.519.248,817	Rp 1.847.365.222,727	Rp 1.847.365.222,73
1	2023	3522	11740	17610	22697	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 76.997.912,276	Rp 228.960.856,839	Rp 529.155.664,534	Rp 1.030.724.441,306	Rp 1.865.838.874,955	Rp 1.776.989.404,72
2	2024	3557	11857	17786	22924	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 77.767.891,399	Rp 231.250.465,407	Rp 534.447.221,179	Rp 1.041.031.685,719	Rp 1.884.497.263,704	Rp 1.709.294.570,25
3	2025	3593	11976	17964	23153	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 78.545.570,313	Rp 233.562.970,061	Rp 539.791.693,391	Rp 1.051.442.002,576	Rp 1.903.342.236,341	Rp 1.644.178.586,62
4	2026	3629	12096	18143	23385	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 79.331.026,016	Rp 235.898.599,762	Rp 545.189.610,325	Rp 1.061.956.422,602	Rp 1.922.375.658,705	Rp 1.581.543.211,90
5	2027	3665	12217	18325	23619	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 80.124.336,276	Rp 238.257.585,759	Rp 550.641.506,428	Rp 1.072.575.986,828	Rp 1.941.599.415,292	Rp 1.521.293.946,68
6	2028	3702	12339	18508	23855	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 80.925.579,639	Rp 240.640.161,617	Rp 556.147.921,493	Rp 1.083.301.746,696	Rp 1.961.015.409,444	Rp 1.463.339.891,57
7	2029	3739	12462	18693	24093	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 81.734.835,435	Rp 243.046.563,233	Rp 561.709.400,708	Rp 1.094.134.764,163	Rp 1.980.625.563,539	Rp 1.407.593.609,99
8	2030	3776	12587	18880	24334	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 82.552.183,790	Rp 245.477.028,866	Rp 567.326.494,715	Rp 1.105.076.111,804	Rp 2.000.431.819,174	Rp 1.353.970.996,27
9	2031	3814	12713	19069	24578	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 83.377.705,628	Rp 247.931.799,154	Rp 572.999.759,662	Rp 1.116.126.872,922	Rp 2.020.436.137,366	Rp 1.302.391.148,79
10	2032	3852	12840	19260	24823	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 84.211.482,684	Rp 250.411.117,146	Rp 578.729.757,258	Rp 1.127.288.141,652	Rp 2.040.640.498,740	Rp 1.252.776.247,89

11	2033	3890	129 68	1945 2	2507 2	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 85.053.597,5 11	Rp 252.915.228, 317	Rp 584.517.054, 831	Rp 1.138.561.023,0 68	Rp 2.061.046.903, 727	Rp 1.205.051.438, 44
12	2034	3929	130 98	1964 7	2532 2	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 85.904.133,4 86	Rp 255.444.380, 600	Rp 590.362.225, 379	Rp 1.149.946.633,2 99	Rp 2.081.657.372, 764	Rp 1.159.144.716, 98
13	2035	3969	132 29	1984 3	2557 6	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 86.763.174,8 21	Rp 257.998.824, 406	Rp 596.265.847, 633	Rp 1.161.446.099,6 32	Rp 2.102.473.946, 492	Rp 1.114.986.823, 00
14	2036	4008	133 61	2004 2	2583 1	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 87.630.806,5 69	Rp 260.578.812, 650	Rp 602.228.506, 109	Rp 1.173.060.560,6 28	Rp 2.123.498.685, 957	Rp 1.072.511.134, 50
15	2037	4048	134 95	2024 2	2609 0	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 88.507.114,6 35	Rp 263.184.600, 777	Rp 608.250.791, 171	Rp 1.184.791.166,2 34	Rp 2.144.733.672, 817	Rp 1.031.653.567, 48
16	2038	4089	136 30	2044 4	2635 1	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 89.392.185,7 81	Rp 265.816.446, 785	Rp 614.333.299, 082	Rp 1.196.639.077,8 97	Rp 2.166.181.009, 545	Rp 992.352.479,1 9
17	2039	4130	137 66	2064 9	2661 4	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 90.286.107,6 39	Rp 268.474.611, 253	Rp 620.476.632, 073	Rp 1.208.605.468,6 76	Rp 2.187.842.819, 640	Rp 954.548.575,2 2
18	2040	4171	139 04	2085 5	2688 0	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 91.188.968,7 15	Rp 271.159.357, 365	Rp 626.681.398, 394	Rp 1.220.691.523,3 63	Rp 2.209.721.247, 837	Rp 918.184.819,9 8
19	2041	4213	140 43	2106 4	2714 9	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 92.100.858,4 02	Rp 273.870.950, 939	Rp 632.948.212, 378	Rp 1.232.898.438,5 96	Rp 2.231.818.460, 315	Rp 883.206.350,6 4
20	2042	4255	141 83	2127 5	2742 1	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 93.021.866,9 86	Rp 276.609.660, 448	Rp 639.277.694, 501	Rp 1.245.227.422,9 82	Rp 2.254.136.644, 918	Rp 849.560.394,4 3
21	2043	4297	143 25	2148 7	2769 5	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 93.952.085,6 56	Rp 279.375.757, 053	Rp 645.670.471, 447	Rp 1.257.679.697,2 12	Rp 2.276.678.011, 367	Rp 817.196.188,9 3
22	2044	4340	144 68	2170 2	2797 2	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 94.891.606,5 13	Rp 282.169.514, 623	Rp 652.127.176, 161	Rp 1.270.256.494,1 84	Rp 2.299.444.791, 481	Rp 786.064.905,5 4
23	2045	4384	146 13	2191 9	2825 1	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 95.840.522,5 78	Rp 284.991.209, 769	Rp 658.648.447, 923	Rp 1.282.959.059,1 26	Rp 2.322.439.239, 396	Rp 756.119.575,8 0
24	2046	4428	147 59	2213 8	2853 4	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 96.798.927,8 04	Rp 287.841.121, 867	Rp 665.234.932, 402	Rp 1.295.788.649,7 17	Rp 2.345.663.631, 790	Rp 727.315.020,5 4

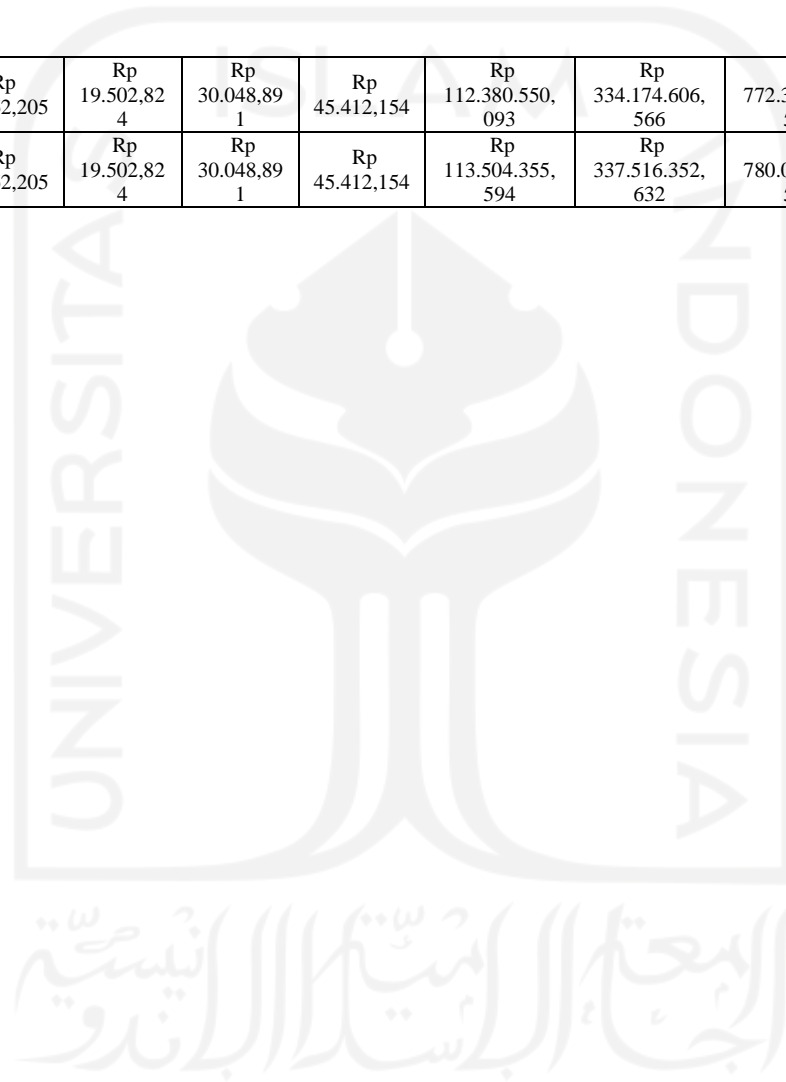


25	2047	4472	14907	22360	28819	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 97.766.917,082	Rp 290.719.533,086	Rp 671.887.281,726	Rp 1.308.746.536,214	Rp 2.369.120.268,108	Rp 699.607.781,66
26	2048	4517	15056	22583	29107	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 98.744.586,253	Rp 293.626.728,417	Rp 678.606.154,543	Rp 1.321.834.001,576	Rp 2.392.811.470,789	Rp 672.956.056,64
27	2049	4562	15206	22809	29399	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 99.732.032,115	Rp 296.562.995,701	Rp 685.392.216,089	Rp 1.335.052.341,592	Rp 2.416.739.585,497	Rp 647.319.635,44
28	2050	4607	15358	23037	29693	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 100.729.352,436	Rp 299.528.625,658	Rp 692.246.138,249	Rp 1.348.402.865,008	Rp 2.440.906.981,351	Rp 622.659.839,80
29	2051	4654	15512	23268	29989	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 101.736.645,961	Rp 302.523.911,914	Rp 699.168.599,632	Rp 1.361.886.893,658	Rp 2.465.316.051,165	Rp 598.939.464,95
30	2052	4700	15667	23500	30289	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 102.754.012,420	Rp 305.549.151,033	Rp 706.160.285,628	Rp 1.375.505.762,595	Rp 2.489.969.211,677	Rp 576.122.723,43
31	2053	4747	15824	23735	30592	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 103.781.552,544	Rp 308.604.642,544	Rp 713.221.888,485	Rp 1.389.260.820,221	Rp 2.514.868.903,793	Rp 554.175.191,11
32	2054	4795	15982	23973	30898	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 104.819.368,070	Rp 311.690.688,969	Rp 720.354.107,369	Rp 1.403.153.428,423	Rp 2.540.017.592,831	Rp 533.063.755,26
33	2055	4842	16142	24212	31207	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 105.867.561,751	Rp 314.807.595,859	Rp 727.557.648,443	Rp 1.417.184.962,707	Rp 2.565.417.768,760	Rp 512.756.564,58
34	2056	4891	16303	24455	31519	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 106.926.237,368	Rp 317.955.671,817	Rp 734.833.224,927	Rp 1.431.356.812,334	Rp 2.591.071.946,447	Rp 493.222.981,17
35	2057	4940	16466	24699	31834	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 107.995.499,742	Rp 321.135.228,536	Rp 742.181.557,177	Rp 1.445.670.380,458	Rp 2.616.982.665,912	Rp 474.433.534,27
36	2058	4989	16631	24946	32153	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 109.075.454,739	Rp 324.346.580,821	Rp 749.603.372,749	Rp 1.460.127.084,262	Rp 2.643.152.492,571	Rp 456.359.875,82
37	2059	5039	16797	25196	32474	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 110.166.209,287	Rp 327.590.046,629	Rp 757.099.406,476	Rp 1.474.728.355,109	Rp 2.669.584.017,497	Rp 438.974.737,69
38	2060	5090	16965	25448	32799	Rp 21.862,205	Rp 19.502,824	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 111.267.871,379	Rp 330.865.947,096	Rp 764.670.400,541	Rp 1.489.475.638,656	Rp 2.696.279.857,672	Rp 422.251.890,54



39	2061	5140	171 35	2570 2	3312 7	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 112.380.550, 093	Rp 334.174.606, 566	Rp 772.317.104, 546	Rp 1.504.370.395,0 42	Rp 2.723.242.656, 248	Rp 406.166.104,2 3
40	2062	5192	173 06	2595 9	3345 8	Rp 21.862,205	Rp 19.502,82 4	Rp 30.048,89 1	Rp 45.412,154	Rp 113.504.355, 594	Rp 337.516.352, 632	Rp 780.040.275, 592	Rp 1.519.414.098,9 93	Rp 2.750.475.082, 811	Rp 390.693.109,7 9
Total Penghematan														Rp 38.628.336.07 4,45	

Sumber: Hasil analisis, 2022



Berdasarkan Tabel 5.59 diatas maka total penghematan BOK tidak tetap jika dibangun perkerasan jalan baru ialah sebesar Rp 38.628.336.074,45. Berikutnya dapat dihitung nilai rasio B/C dari perkerasan jalan baru yang akan dijabarkan dalam subbab berikutnya.

### 5.5 Analisis Manfaat Biaya

Berdasarkan perhitungan biaya dan manfaat diatas diperoleh biaya nilai sekarang (*present value cost*) dari perkerasan jalan sebesar Rp 41.892.095.992,29 Sedangkan untuk manfaat nilai sekarang (*present value benefit*) ialah sebesar Rp38.628.336.074,45. Berdasarkan Persamaan 3.7 maka dapat dihitung nilai rasio B/C, setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai rasio B/C sebesar 0,922.

Namun data yang digunakan diatas merupakan data LHR similar atau data LHR terdekat, karena data diobjek yang diteliti tidak ada dapat juga digunakan data seperti pada Tabel 3.2. untuk jalan karena dilalui kendaraan Galian C maka dipilih jenis jalan akses lokal daerah industri atau quarry dengan LHR dua arah 500 kendaraan.

### 5.6 Desain Perkerasan Berdasarkan Data LHRT Tabel MDPJ Bina Marga

Berikut ini akan disajikan data LHRT berdasarkan Tabel 3.2, dikarenakan pada tabel 3.2 yang dijelaskan hanya % kendaraan berat sedangkan jenis kendaraan lainnya tidak dijelaskan berapa % dari total LHRT tersebut dan data kendaraan yang digunakan untuk analisis hanya kendaraan niaga maka diasumsikan sisa volume LHR selain kendaraan berat dianggap truk ringan 2 as. Untuk datanya akan disajikan dalam Tabel 5.60 berikut ini

Tabel 5.60 Data LHRT berdasarkan Tabel MDPJ Bina Marga

Klasifikasi Kendaraan	Jenis Kendaraan	Jumlah
Gol6a	Truk ringan 2as	460
Gol6b	Truk berat 2 as	40
Jumlah		500

Sumber: Bina Marga, Manual Desan Perkerasan Jalan, 2003

### 5.6.1 Perencanaan Perkerasan Kaku

#### 1. Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Berdasarkan pada pedoman desain perkerasan kaku Pd T-14-2003, perencanaan perkerasan mengacu pada distribusi kelompok jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN). Distribusi kelompok kendaraan disesuaikan dengan klasifikasi kendaraan yang terdapat pada data LHR yaitu golongan 1 hingga 7C yang tercantum pada Tabel 5.60. Setelah itu data konfigurasi beban sumbu dan jumlah sumbu kendaraan dikategorikan menjadi tiga, yaitu Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT), Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG) dan Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG). Untuk hasil analisis distribusi kelompok kendaraan tercantum dalam Tabel 5.61 berikut

Tabel 5.61 Distribusi Kelompok Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban Sumbu		Jml kendaraan	Jml sumbu per kendaraan	Jml sumbu	STRT		STRG	
	RD	RB				BS(ton)	JS(buah)	BS(ton)	JS(buah)
Truk ringan 2as	2,822	5,478	460	2	920	2,822	460		
						5,478	460		
Truk berat 2as	6,2	12	40	2	80	6,2	40	12	40
Total					1000		960		40

Sumber: Hasil Analisis 2022

Dalam Tabel tersebut yang dimasukkan dalam perhitungan hanya kendaraan niaga dengan beban sumbu minimal 5 ton. Sehingga hanya truk ringan 2 as dan truk berat 2 as saja yang dimasukkan dalam perhitungan. Berdasarkan Tabel 5.61 diperoleh nilai JSKNH sebesar 1000 buah sumbu. Sedangkan untuk nilai pertumbuhan lalu lintas berdasarkan Tabel 3.2 sebesar 3,5%. Berikutnya untuk faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan Tabel 3.2 diketahui sebesar 28,2 sehingga dapat dihitung nilai JSKN dan diperoleh nilai JSKN sebesar 5.161.042

## 2. Perhitungan Repetisi Sumbu Yang Terjadi

Sesudah diperoleh nilai JSKN kemudian perlu dihitung jumlah repetisi sumbu yang terjadi. Jumlah repetisi sumbu yang terjadi didapat dari penjumlahan masing-masing repetisi sesuai konfigurasi beban dan sumbu kendaraan. Perhitungan repetisi sumbu menggunakan persamaan 3.5.

Proporsi beban didapat dari pembagian antara jumlah sumbu sesuai beban sumbu dibagi dengan total jumlah sumbu pada jenis konfigurasi sumbu. Sedangkan untuk proporsi sumbu diperoleh dari pembagian antara jumlah sumbu pada kelompok konfigurasi tertentu dibagi dengan total jumlah sumbu semua konfigurasi sumbu.

Dibawah ini akan ditampilkan hasil analisis perhitungan jumlah repetisi sumbu yang terjadi tercantum pada Tabel 5.62

Tabel 5.62 Repetisi Sumbu Yang Terjadi

Jenis Sumbu	Beban sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi sumbu	JSKN	Repetisi
STRT	2,822	460	0,4792	0,9600	5.161.042	4.954.600
	5,478	460	0,4792	0,9600	5.161.042	4.954.600
	6,2	40	0,0417	0,9600	5.161.042	4.954.600
Jumlah		<b>960</b>	1			
STRG	12	40	1	0,0400	5.161.042	206.442
		<b>40</b>				5.161.042
Total		1000				1,5430 x 10 <sup>7</sup>

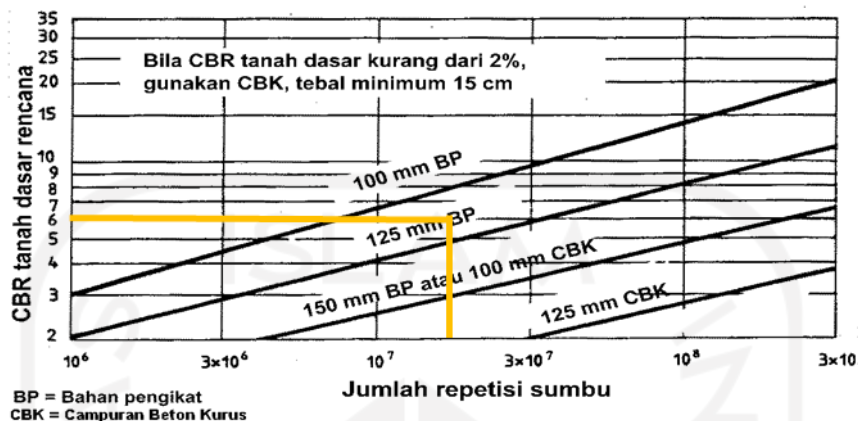
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan jumlah repetisi sumbu untuk kelompok sumbu STRT sebesar 4.954.600 sedangkan untuk kelompok sumbu STRG sebesar 206.442. sehingga total repetisi sumbu yang terjadi sebesar  $1,543 \times 10^7$  atau sama dengan nilai JSKN.

## 3. Penentuan Jenis dan Tebal Perkerasan

Untuk menentukan jenis dan tebal pondasi dapat dilakukan dengan cara memasukkan jumlah repetisi sumbu dan nilai CBR tanah dasar kedalam grafik pada Gambar 3.4. CBR tanah dasar yang digunakan diasumsikan sama dengan ruas jalan dees indah yang sudah ada yaitu sebesar 6%. Apabila dilihat dari grafik yang tercantum pada Gambar 3.4, jika input CBR tanah dasar dan jumlah

repetisi sumbu atau nilai JSKN dihubungkan maka dapat diperoleh jenis dan tebal pondasi perkerasan kaku.



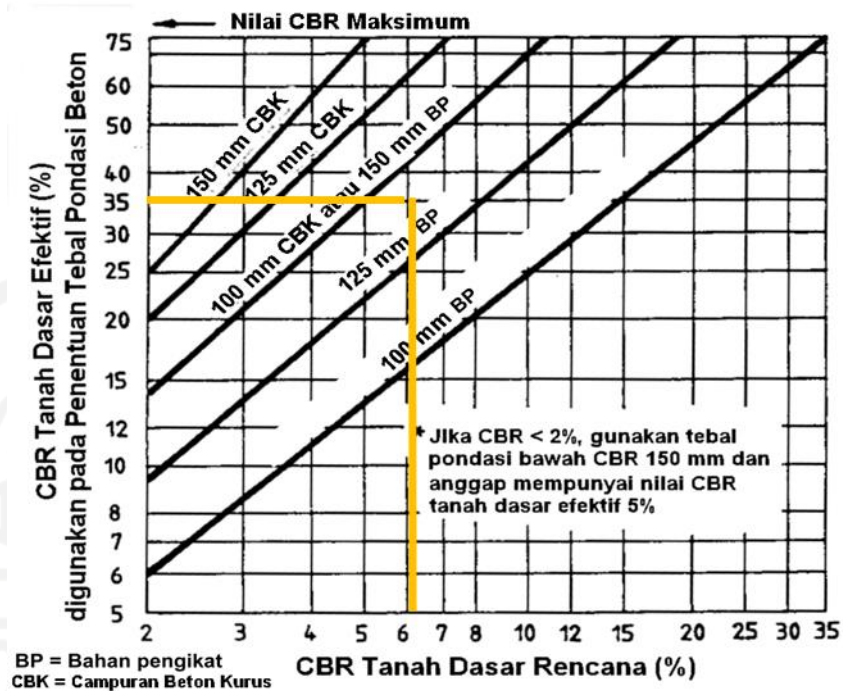
Gambar 5.7 Penentuan jenis dan tebal pondas bawah minimum yang digunakan

Apabila mengacu pada grafik diatas jenis pondasi yang digunakan ialah bahan pengikat (BP) dengan tebal pondasi perkerasan 125 mm. Berdasarkan Pd T-14-2003 pondasi bawah dengan bahan pengikat dapat berupa stabilisasi material berbutir dengan bahan pengikat, campuran beraspal dengan gradasi rapat, dan campuran beton krus giling padat.

Pada penelitian ini jenis pondasi yang digunakan jenis pondasi stabilisasi material berbutir dengan bahan pengikat semen yang pada umumnya dikenal dengan sebutan Cement Treated Subbase (CTSB).

#### 4. Penentuan CBR Tanah Dasar Efektif

Berikutnya setelah didapat jenis dan ketebalan pondas maka akan dicari nilai CBR tanah dasar efektif untuk mencari tebal perkerasan. Untuk mencari CBR tanah dasar efektif maka digunakan grafik hubungan CBR tanah dasar rencana dan tebal pondasi bawah. Pada Gambar 5.8 ini ditampilkan penentuan CBR tanah dasr efektif yang digunakan

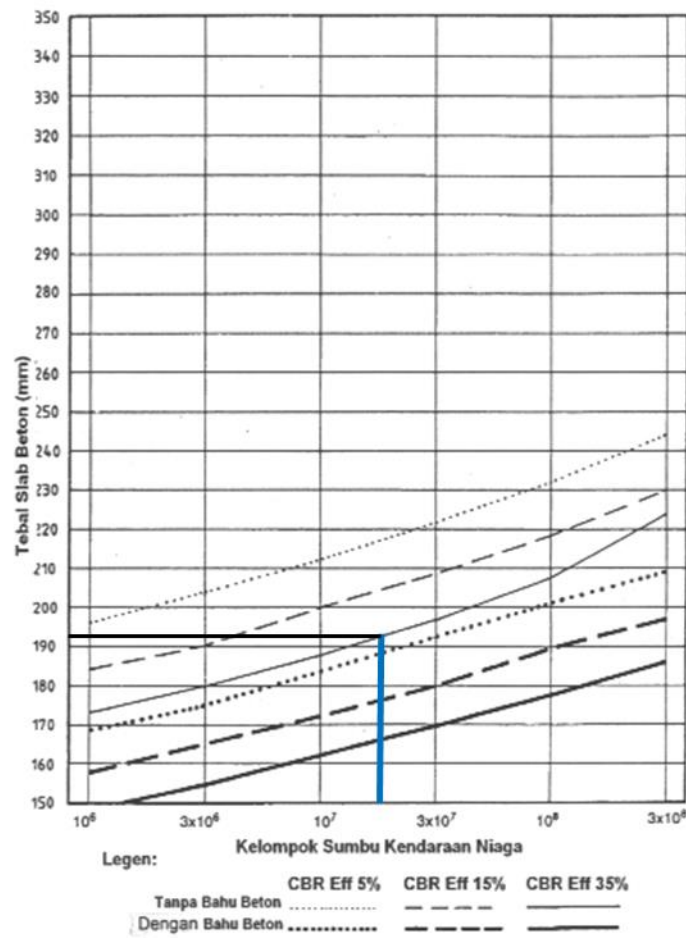


Gambar 5.8 Penentuan CBR tanah dasar efektif yang digunakan

Berdasarkan grafik diatas apabila CBR tanah dasar rencana sebesar 6% serta jenis dan ketebalan pondasi yang sudah diperoleh sebelumnya dimasukkan maka akan diperoleh CBR tanah dasar efektif sebesar 35%.

##### 5. Penentuan Tebal Taksiran Perkerasan Kaku

Setelah didapat nilai CBR tanah dasar efektif maka kemudian dapat dicari tebal taksiran pelat beton. Penentuan tebal taksiran pelat beton menggunakan grafik pada Gambar 3.5. pada grafik tersebut memerlukan input jumlah repetisi kelompok sumbu kendaraan niaga serta nilai CBR tanah dasar efektif. Berikut ditampilkan penentuan tebal taksiran pelat beton



Gambar 5.9 Penentuan tebal taksiran pelat beton ruas yang digunakan

Apabila dilihat dari grafik diatas maka diperoleh tebal perkerasan sebesar 190 mm

#### 6. Perhitungan Kuat Tarik Lentr Beton

Berdasarkan Pd T-14-2003 dijelaskan bahwa kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (flexural strength) umur 28 hari. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dihitung dengan persamaan 3.1

Pada penelitian ini menggunakan kuat tekan beton sebesar 30 Mpa. Sedangkan untuk nilai konstanta yang digunakan 0,75 untuk agregat pecah. Pada Tabel 5.63 berikut ditampilkan perhitungan kuat tarik lentur beton.



Tabel 5.63 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton

K	fc' (Mpa)	fcf (Mpa)
a	b	$c = a \cdot b^{0,5}$
0,75	30	4,108

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan perhitungan yang tercantum pada tabel diatas maka diperoleh nilai kuat tarik lentur beton sebesar 4,108 Mpa

#### 7. Perhitungan Beban Rencana per Roda

Beban rencana tiap roda digunakan pada perhitungan analisis fatik dan analisis erosi sebagai salah satu masukan dalam nomogram fatik dan erosi. Oleh karena itu beban rencana tiap roda perlu dihitung. Pada Tabel 5.1 beban sumbu dan jumlah sumbu tiap jenis kendaraan telah diperoleh.

Beban rencana tiap roda diperoleh dari hasil pembagian antara beban sumbu dengan jumlah roda pada satu sumbu tersebut dikalikan dengan faktor keamanan beban yang terdapat pada Tabel 3.5.

Pada Tabel 5.64 berikut ditampilkan perhitungan beban rencana tiap roda

Tabel 5.64 Perhitungan beban rencana tiap rda yang digunakan

jenis sumbu	beban sumbu (kN)	Jumlah roda	faktor keamanan beban	beban rencana per roda (kN)
a	b	c	d	$e = (b/c) \cdot d$
STRT	27,675	2	1	13,8372537
	53,721	2	1	26,8605513
	60,802	2	1	30,40077
STRG	117,680	4	1	29,4201

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### 8. Analisis kerusakan akibat fatik pada pelat beton

Apabila mengacu pada Pd-T-14-2003, dalam menentukan apakah tebal perkerasan yang direncanakan dapat digunakan atau tidak perlu dilakukan analisis fatik. Sebelum melakukan analisis fatik sebelumnya perlu dihitung terlebih dahulu tegangan ekuivalen serta faktor rasio tegangan sesuai dengan kategori sumbu kendarannya yaitu STRT dan STRG. Nilai tegangan ekuivalen didapat dari Lampiran 1 yang dirangkum dalam Tabel 5.65 dibawah ini



Tabel 5.65 Nilai Tegangan Ekuivalen yang digunakan

Tebal pelat (mm)	CBR eff tanah dasar (%)	Tegangan ekuivalen	
		STRT	STRG
190	35	1,03	1,63

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

Setelah tegangan ekuivalen diketahui, maka perlu dicari faktor rasio tegangan (FRT) sesuai masing-masing konfigurasi sumbu kendaraan tersebut. Untuk menghitung FRT menggunakan rumus pada persamaan 3.6.

Berdasarkan persamaan 3.6 maka diperoleh Faktor Rasio Tegangan semua kelompok sumbu kendaraan yang dicari, yang akan ditampilkan pada Tabel 5.66 berikut ini

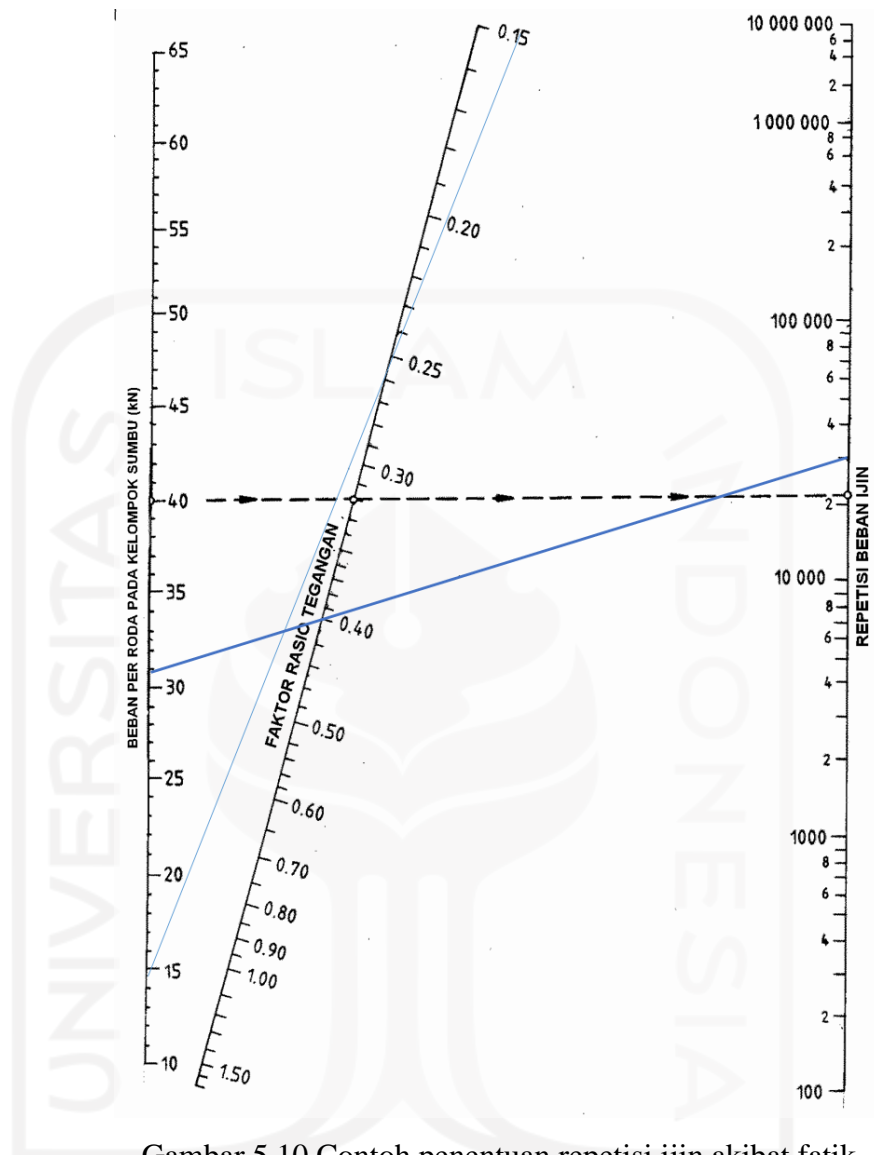
Tabel 5.66 Perhitungan Faktor Rasio Tegangan

jenis sumbu	tegangan ekuivalen	fcf	faktor rasio tegangan
a	b	c	d=b/c
STRT	1,03	4,108	0,25
STRG	1,63	4,108	0,40

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Sesudah nilai faktor rasio tegangan diketahui, maka selanjutnya perlu dicari jumlah repetisi beban ijin sumbu yang diperbolehkan. Repetisi beban ijin untuk analisis fatik diperoleh dari nomogram yang terdapat pada lampiran 3.

Sebagai contoh untuk mencari repetisi beban ijin pada sumbu STRT, beban rencana per roda paling besar berdasarkan Tabel 5.64 sebesar 30,407. Sedangkan FRT yang diperoleh dari Tabel 5.66 sebesar 0,22. Maka repetisi beban ijin dapat diperoleh seperti yang ditampilkan pada nomogram berikut.



Gambar 5.10 Contoh penentuan repetisi ijin akibat fatik

Dari nomogram diatas untuk panah jenis sumbu STRT mengarah pada angka jauh diatas angka repetisi ijin maksimal. Berdasarkan itu maka jumlah repetisi beban ijin akibat fatik, khusus untuk jenis sumbu STRT ialah tidak terbatas (TT) . Sedangkan untuk beban repetisi ijin sumbu STRG ditunjukkan dengan panah warna biru mengarah pada angka 30.000, sehingga berdasarkan itu nilai repetisi ijin akibat fatik pada sumbu STRG sebesar 30.000. Setelah repetisi ijin diketahui, maka dapat dihitung persentase kerusakan akibat fatik dengan menggunakan persamaan 3.7 yaitu repetisi sumbu yang terjadi dibagi dengan repetisi ijin lalu

dikalikan 100. Adapun rekapitulasi dari hasil perhitungan persentase kerusakan akibat fatik tercantum dalam Tabel 5.67 berikut

Tabel 5.67 Perhitungan Persentase Kerusakan Akibat Fatik

jenis sumbu	repetisi sumbu yang terjadi	repetisi beban ijin	persen kerusakan akibat fatik
a	b	c	d
STRT	4.954.600,3	tak terbatas	0
STRG	206.441,7	30.000	688,1389

Sumber: Hasil Analisis, 2022

9. Analisis kerusakan akibat erosi pada pondasi bawah

Apabila mengacu pada Pd-T-14-2003, guna menghitung apakah tebal perkerasan tersebut dapat digunakan atau tidak maka perlu dilakukan analisis erosi. Adapun analisis kerusakan akibat erosi berfungsi untuk mengetahui apakah tebal perkerasan tersebut dapat digunakan atau tidak. Dalam analisis erosi perlu dicari terlebih dahulu faktor erosi sesuai dengan kategori sumbu kendaraannya yakni STRT dan STRG. Faktor erosi diperoleh dari lampiran yang dirangkum dalam Tabel 5.68 berikut.

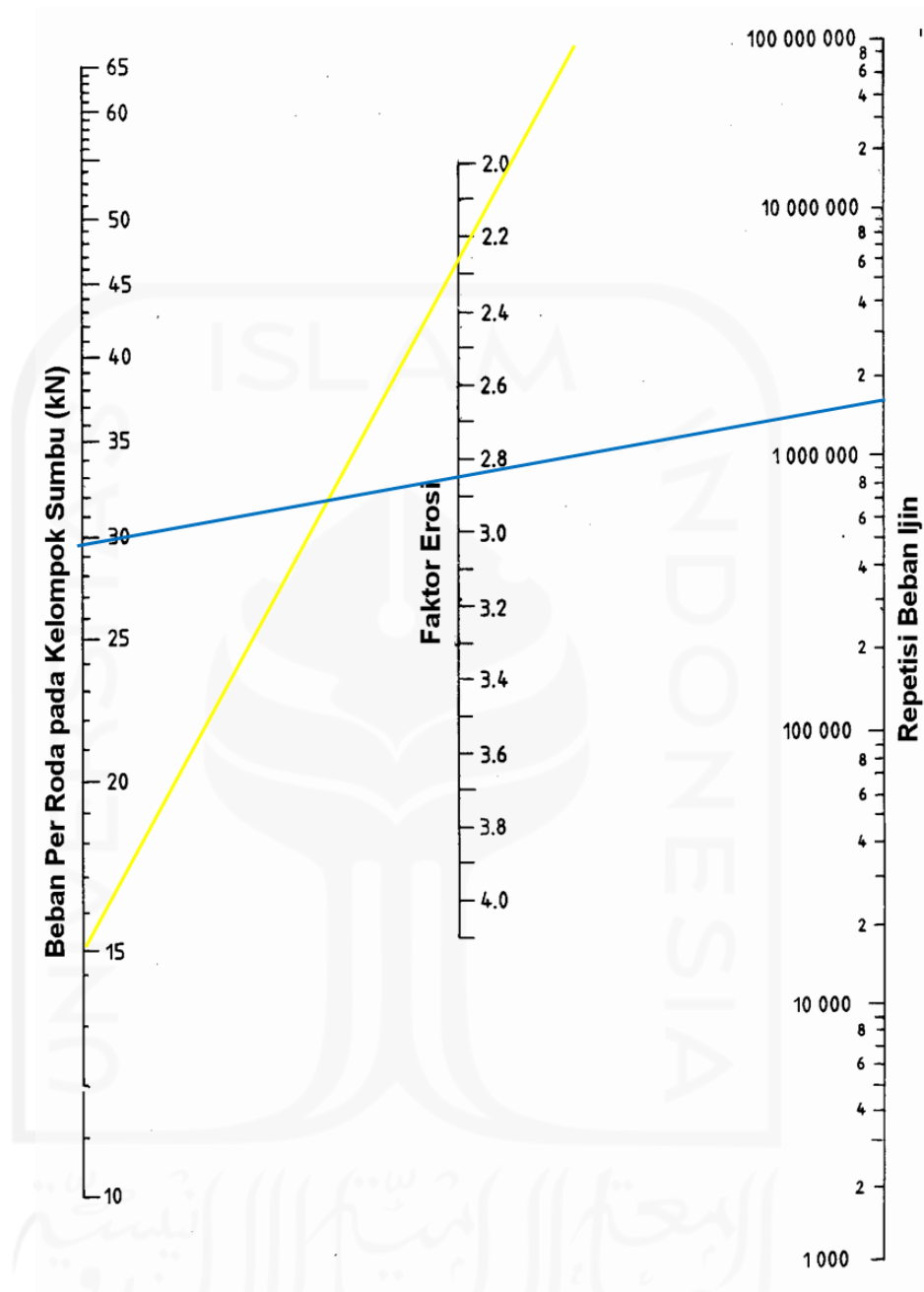
Tabel 5.68 Faktor erosi yang digunakan

tebal pelat	CBR eff tanah dasar	faktor erosi (dengan ruji)	
		STRT	STRG
190	35	2,26	2,87

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

Setelah nilai faktor erosi diperoleh maka berikutnya perlu dicari jumlah repetisi beban ijin sumbu yang diperbolehkan. Repetisi beban ijin untuk analisa erosi diperoleh dari nomogram yang terdapat pada lampiran..

Sebagai contoh, untuk mencari repetisi ijin pada sumbu STRT, beban rencana tiap roda diperoleh dari Tabel 5.64 dengan beban rencana STRT paling besar 30,407. Sedangkan faktor erosi yang diperoleh dari Tabel 5.68 adalah sebesar 2,26. Maka repetisi beban ijin dapat diperoleh seperti yang ditampilkan pada nomogram berikut



Gambar 5.11 Contoh penentuan repetisi beban ijin akibat erosi

Dari nomogram diatas , anak panah berwarna kuning untuk sumbu STRT mengarah pada angka jauh diatas angka repetisi ijin maksimal. Oleh sebab itu maka jumlah repetisi beban ijin akibat erosi untuk sumbu STRT ialah tidak terbatas (TT). Untuk sumbu STRG ditunjukkan dengan anak panah warna biru mengarah pada angka 1.700.000. oleh sebab itu maka repetisi beban ijin akibat erosi untuk sumbu STRG sebesar 1.700.000. Setelah nilai repetisi ijin diketahui,

maka dapat dihitung persentase kerusakan akibat erosi dengan cara repetisi sumbu yang terjadi dibagi dengan repetisi ijin lalu dikalikan 100. Berikut ditampilkan rekapitulasi hasil analisis kerusakan akibat erosi

Tabel 5.69 Perhitungan persentase kerusakan akibat erosi

jenis sumbu	repetisi sumbu yang terjadi	repetisi beban ijin	persentase kerusakan akibat erosi
a	b	c	$d=(b/c) \times 100$
STRT	4954600,254	tak terbatas	0
STRG	206441,6772	1.700.000	12,1436

Sumber: Hasil analisis, 2022

Dari analisis kerusakan akibat fatik dan analisis kerusakan akibat erosi yang sudah dilakukan diperoleh hasil untuk persen kerusakan akibat fatik sebesar 688,1389 % dan untuk kerusakan akibat erosi sebesar 12,1436 %. Dari hasil itu dapat disimpulkan bahwa perkerasan kaku dengan tebal 190 mm dan CBR efektif 35% tidak dapat digunakan karena kerusakan akibat fatiknya melebihi batas ijin kerusakan yaitu 100 %. Sehingga untuk tebal perkerasan kaku harus dihitung ulang hingga persen kerusakan akibat fatik dan erosi tidak melebihi 100%. Setelah dilakukan trial ulang dengan angka seperti diatas diperoleh tebal perkerasan kaku yang kerusakan fatik maupun erosinya kurang dari 100% yaitu dengan tebal perkerasan 220mm. Dengan tebal perkerasan kaku 220mm untuk kerusakan fatiknya sebesar 11,4689% dan kerusakan akibat erosi sebesar 3,4407%.

#### 10. Perhitungan kebutuhan batang pengikat dan ruji

Selanjutnya seperti yang diketahui bahwa jenis perkerasan kaku yang direncanakan ialah perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT) atau Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP) dimana dalam struktur perkerasan hanya ada batang pengikat (Tie Bars) yang diletakkan di sambungan memanjang (*longitudinal joint*), serta ruji atau dowel diletakkan pada sambungan melintang (*transversal joint*).

Dalam Pd T-14-2003 dijelaskan bahwa batang pengikat pada sambungan memanjang harus sesuai dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Panjang batang pengikat dihitung dengan persamaan 3.4. Berikut ditampilkan perhitungan panjang batang pengikat pada sambungan memanjang.

Tabel 5.70 Perhitungan Panjang Batang Pengikat Pada Sambungan Memanjang

Diameter Batang Pengikat (mm)	Panjang batang pengikat (mm)
a	$b=(38,3xa)+75$
16	687,8

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan pada perhitungan diatas maka diperoleh panjang batang pengikat sepanjang 687,8 mm kemudian dibulatkan menjadi 700 mm atau 70 cm. Untuk jarak antae batang pengikat berdasarkan Pd T-14-2003 ialah 75 cm.

Kemudian untuk diameter, panjang, dan jarak antar ruji, ditentukan berdasarkan Tabel 3.6. Pada Tabel 5.71 dibawah ini akan ditampilkan diameter, panjang, dan jarak antar ruji yang digunakan.

Tabel 5.71 Diameter, panjang dan jarak antar ruji yang digunakan

Tebal Perkerasan		Ruji					
		diameter		panjang		jarak	
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
10	220	1,25	32	18	450	12	300

Sumber: E.J Yoder, Principles of Pavement Design 2<sup>nd</sup> Ed, 1959

Berdasarkan itu maka digunakan ruji berdiameter 32 mm dengan panjang 450 mm dan jarak antar ruji 300 mm. Berikutnya akan dihitung biaya konstruksi awal dan biaya tahunan siklus hidup perkerasan jalan.

### 5.6.2 Analisis Biaya

Dalam subbab ini akan dijelaskan mengenai biaya yang akan terbagi menjadi 2 yaitu biaya konstruksi (*Initial Cost*) dan biaya tahunan atau biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*) perkerasan jalan yang diteliti.

#### 1. Biaya Konstruksi (*Initial Cost*)

Berdasarkan Tabel 5.29 dapat diketahui harga satuan pekerjaan perkerasan jalan beton ialah Rp 2.570.174,41 per m<sup>3</sup>. Berikutnya guna mengetahui biaya pekerjaan perkerasan jalan beton ialah dengan cara menghitung jumlah volume pekerjaan tersebut. Seperti yang diketahui bahwa perkerasan jalan yang direncanakan memiliki lebar rencana 5,5 m dengan panjang 7800 m serta tebal 0,22 m. Sehingga luas penampang perkerasan tersebut sebesar 1,21 m<sup>2</sup>. Kemudian guna mengetahui jumlah volume perkerasan maka luas penampang tersebut dikalikan dengan panjang perkerasan rencana, sehingga diperoleh volume perkerasan sebesar 9.438 m<sup>3</sup>.

Setelah diketahui volume pekerjaan perkerasan jalan beton maka dapat diperoleh biaya pekerjaan perkerasan dengan cara mengalikan nilai volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Sehingga diperoleh biaya pekerjaan perkerasan jalan beton sebesar Rp24.277.386.482,62

Berikutnya langkah yang sama juga diterapkan saat menghitung item pekerjaan lainnya dalam spesifikasi umum pekerjaan konstruksi jalan tersebut. AHSP serta volume pekerjaan lainnya terlampir dalam lampiran 10 hingga lampiran 16 dan 17. Maka dapat diperoleh total harga dari seluruh pekerjaan yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.72 berikut

Tabel 5.72 Rekapitulasi jumlah harga pekerjaan

No Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan
1	Umum	Rp 47.248.160,48
2	Drainase	Rp -
3	Pekerjaan Tanah	Rp 406.645.804,97
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	Rp 3.125.655.087,71
5	Perkerasan Beton Semen	Rp31.173.507.360,78
6	Perkerasan Aspal	Rp -
7	Struktur	Rp -
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	Rp 252.881.026,92
9	Pekerjaan Harian	Rp -
10	Pekerjaan Pemeliharaan Rutin	Rp -
<b>A.</b>	<b>Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan keuntungan )</b>	<b>Rp35.005.937.440,86</b>
<b>B.</b>	<b>Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x A</b>	<b>Rp 3.500.593.744,09</b>
<b>C.</b>	<b>Jumlah Total Harga Pekerjaan = A + B</b>	<b>Rp38.506.531.184,94</b>

Sumber: Hasil analisis, 2022

Setelah biaya konstruksi awal didapatkan maka berikutnya perlu dihitung biaya siklus hidup perkerasan jalan selama umur rencana yang akan dibahas pada subbab berikutnya

## 2. Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Dalam menghitung biaya siklus hidup perkerasan kaku perlu terlebih dahulu direncanakan strategi perawatan dan rehabilitasi dari perkerasan tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan strategi perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku yang dirancang oleh Pennsylvania Department of Transportation (PennDOT) dengan sedikit modifikasi

Dalam perhitungan biaya perawatan yang dikhususkan pada perawatan sambungan ini, maka terlebih dahulu perlu diketahui total panjang sambungan melintang dan memanjang pada perkerasan yang direncanakan.

Seperti yang direncanakan diawal bahwa total panjang ruas jalan dalam penelitian ini ialah 7800 m, maka bisa diketahui untuk panjang sambungan memanjang ialah 7800 m. Berikutnya untuk panjang sambungan melintang seperti diketahui bahwa jarak antar sambungan melintang ialah 4 meter,



sedangkan untuk lebar jalan rencana ialah 5,5 meter. Sehingga dapat dihitung total panjang sambungan melintang ialah 7800 m dibagi 4 m lalu dikalikan 5,5 m sama dengan 10.725 m.

Setelah volume perawatan sambungan diketahui, maka biaya perawatan dapat dihitung dengan cara mengalikan volume perawatan sambungan tersebut dengan biaya per meter untuk pembersihan serta penyegelan sambungan pada perkerasan kaku yang direncanakan. Biaya satuan yang digunakan diambil dari harga satuan pekerjaan *Joint Sealant*. Harga satuan diasumsikan meningkat tiap tahun sehingga digunakan kembali rumus *future value*. Dalam tabel 5.73 berikut dicantumkan biaya konstruksi awal serta biaya perawatan baik dalam *future value* maupun *present value*.

Tabel 5.73 Biaya Konstruksi dan Biaya Perawatan Selama Umur rencana

Tahun	Biaya Konstruksi Awal	Biaya Perawatan	
		Future value	present value
0	2022	Rp 38.506.531.184,94	
5	2027	Rp 31.720.209,06	Rp 193.414.473,11
10	2032	Rp 50.243.929,11	Rp 174.346.673,32
15	2037	Rp 28.537.314,20	Rp 191.055.645,23
20	2042	Rp 2.174.584.300,38	Rp 1.055.544.331,29
<b>Total</b>	<b>Rp 38.506.531.184,94</b>		<b>Rp 1.614.361.122,95</b>

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Hasil perhitungan present value dari perawatan perkerasan yang direncanakan ditambah dengan biaya konstruksi awal merupakan biaya siklus hidup perkerasan kaku ruas jalan yang direncanakan atau ruas jalan deles indah.

Maka berikutnya bisa diperoleh biaya siklus hidup perkerasan kaku sebesar Rp 40.120.892.307,89. Total biaya sekarang perkerasan selama umur rencana ini nanti akan dimasukkan dalam rumus analisis manfaat-biaya (B/C), dimana untuk nilai benefit dari perkerasan tersebut akan dijelaskan dalam subbab selanjutnya.

### 5.6.3 Analisis Manfaat

Manfaat yang akan dianalisis dalam penelitian ini ialah penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) tidak tetap (*running cost*). Analisis manfaat perkerasan akan membandingkan Biaya Operasional Kendaraan antara perkerasan jalan eksisting (*without project*) dengan perkerasan jalan baru (*with project*).

#### 1. Perhitungan BOK *Without Project*

Untuk perhitungan BOK *Without Project* langkah perhitungannya sama dengan perhitungan untuk perhitungan BOK data LHR similar. Berikut akan ditampilkan rekapitulasi BOK tidak tetap *without project* pada Tabel 5.74

Tabel 5.74 Rekapitulasi BOK Tidak Tetap *Without Project*

Jenis Kendaraan	Komponen BOK Tidak Tetap (Rp/km)					BOK Tidak Tetap (Rp/km)
	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah	Ban	
Truk Ringan	Rp 2.127,78	Rp68,24	Rp 676,170	Rp 3.519,086	Rp 3.944,85	Rp 10.336,119
Truk Berat	Rp 6.492,40	Rp 832,23	Rp 1.017,555	Rp 3.461,836	Rp 4.407,79	Rp 16.211,805

Sumber: Hasil analisis, 2022

Setelah nilai BOK tidak tetap *without project* didapat, maka berikutnya dicari BOK tidak tetap *with project*

#### 2. Perhitungan BOK *with project*

Untuk perhitungan BOK *With Project* langkah perhitungannya sama dengan perhitungan untuk perhitungan BOK data LHR similar. Berikut akan ditampilkan rekapitulasi BOK tidak tetap *with project* pada Tabel 5.75

Tabel 5.75 Rekapitulasi BOK Tidak Tetap *with project*

Jenis Kendaraan	Komponen BOK Tidak Tetap (Rp/km)					BOK Tidak Tetap (Rp/km)
	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah	Ban	
Truk Ringan	Rp 1.686,51	Rp 54,08	Rp 231,801	Rp 2.018,952	Rp 2.492,35	Rp 6.483,697
Truk Berat	Rp 3.293,56	Rp 422,19	Rp 331,609	Rp 1.934,591	Rp 4.407,79	Rp 10.389,734

Sumber: Hasil analisis, 2022

### 3. Biaya Penghematan BOK

Berdasarkan perhitungan antara BOK without project dan BOK with project maka akan didapatkan penghematan BOK seperti yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.76 berikut ini

Tabel 5.76 Perbandingan BOK *Without Project* dan *With Project* tiap km perkerasan

Jenis Kendaraan	BOK Tidak Tetap Without Project (Rp/km)	BOK Tidak Tetap With Project (Rp/km)	Penghematan BOK (Rp/km)
Truk Ringan	Rp10.336,119	Rp 6.483,697	Rp 3.852,422
Truk Berat	Rp16.211,805	Rp 10.389,734	Rp 5.822,071

Sumber: Hasil analisis, 2022

Berdasarkan Tabel 5.76 diatas, bisa dipastikan dengan adanya pembangunan perkerasan aru akan menghemat biaya operasi kendaraan bagi para pengemudi kendaraan. Selanjutnya nilai penghematan BOK tersebut akan di input kedalam data lalu lintas yang terjadi dan data lalu lintas diasumsikan sama seperti ruas Suruh-Singlar dan telah dipergunakan dalam perhitungan menentukan tebal perkerasan beton pada subbab analisis tebal perkerasan diatas. Selanjutnya maka dapat diperoleh total nilai penghematan Biaya Operasional Kendaraan tidak tetap yang akan ditampilkan dalam Tabel 5.77 berikut

Tabel 5.77 Total Penghematan BOK biaya tidak tetap selama umur rencana

n	tahun	LHRT Golongan Kendaraan (kend/tahun)		Penghematan BOK (Rp/Kendaraan)		Penghematan BOK (Rp)		Total Penghematan	(P/F, 5%,n)
		Truk Ringan	Truk Berat	Truk Ringan	Truk Berat	Truk Ringan	Truk Berat		
		a	d	e	h	i	i=d <sub>x</sub> h		
0	2022	167900	14600	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 5.045.208.874,406	Rp 663.017.445,402	Rp 5.708.226.319,809	Rp 5.708.226.319,81
1	2023	173777	15111	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 5.221.791.185,010	Rp 686.223.055,992	Rp 5.908.014.241,002	Rp 5.626.680.229,53
2	2024	179859	15640	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 5.404.553.876,486	Rp 710.240.862,951	Rp 6.114.794.739,437	Rp 5.546.299.083,39
3	2025	186154	16187	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 5.593.713.262,163	Rp 735.099.293,155	Rp 6.328.812.555,317	Rp 5.467.066.239,34
4	2026	192669	16754	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 5.789.493.226,338	Rp 760.827.768,415	Rp 6.550.320.994,753	Rp 5.388.965.293,06
5	2027	199413	17340	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 5.992.125.489,260	Rp 787.456.740,310	Rp 6.779.582.229,570	Rp 5.311.980.074,59
6	2028	206392	17947	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 6.201.849.881,384	Rp 815.017.726,220	Rp 7.016.867.607,605	Rp 5.236.094.644,96
7	2029	213616	18575	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 6.418.914.627,233	Rp 843.543.346,638	Rp 7.262.457.973,871	Rp 5.161.293.292,88
8	2030	221092	19225	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 6.643.576.639,186	Rp 873.067.363,770	Rp 7.516.644.002,956	Rp 5.087.560.531,56
9	2031	228830	19898	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 6.876.101.821,558	Rp 903.624.721,502	Rp 7.779.726.543,060	Rp 5.014.881.095,39
10	2032	236840	20595	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 7.116.765.385,312	Rp 935.251.586,755	Rp 8.052.016.972,067	Rp 4.943.239.936,89
11	2033	245129	21316	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 7.365.852.173,798	Rp 967.985.392,291	Rp 8.333.837.566,089	Rp 4.872.622.223,50
12	2034	253708	22062	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 7.623.656.999,881	Rp 1.001.864.881,022	Rp 8.625.521.880,902	Rp 4.803.013.334,60

13	2035	262588	22834	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 7.890.484.994,877	Rp 1.036.930.151,857	Rp 8.927.415.146,734	Rp 4.734.398.858,39
14	2036	271779	23633	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 8.166.651.969,697	Rp 1.073.222.707,172	Rp 9.239.874.676,870	Rp 4.666.764.588,98
15	2037	281291	24460	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 8.452.484.788,637	Rp 1.110.785.501,923	Rp 9.563.270.290,560	Rp 4.600.096.523,42
16	2038	291136	25316	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 8.748.321.756,239	Rp 1.149.662.994,491	Rp 9.897.984.750,730	Rp 4.534.380.858,80
17	2039	301326	26202	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 9.054.513.017,707	Rp 1.189.901.199,298	Rp 10.244.414.217,00 5	Rp 4.469.603.989,39
18	2040	311872	27119	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 9.371.420.973,327	Rp 1.231.547.741,273	Rp 10.602.968.714,60 0	Rp 4.405.752.503,83
19	2041	322788	28069	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 9.699.420.707,394	Rp 1.274.651.912,218	Rp 10.974.072.619,61 2	Rp 4.342.813.182,35
20	2042	334086	29051	Rp 30.048,891	Rp 45.412,154	Rp 10.038.900.432,15 2	Rp 1.319.264.729,145	Rp 11.358.165.161,29 8	Rp 4.280.772.994,03
Total Penghematan									Rp 104.202.505.798,7 0

Sumber: Hasil analisis, 2022

Berdasarkan Tabel 5.77 diatas maka total penghematan BOK tidak tetap jika dibangun perkerasan jalan baru ialah sebesar Rp 104.202.505.798,70. Berikutnya dapat dihitung nilai rasio B/C dari perkerasan jalan baru yang akan dijabarkan dalam subbab berikutnya.

#### 5.6.4 Analisa Manfaat Biaya

Berdasarkan perhitungan biaya dan manfaat diatas diperoleh biaya nilai sekarang (*present value cost*) dari perkerasan jalan sebesar Rp 40.120.892.307,89 Sedangkan untuk manfaat nilai sekarang (*present value benefit*) ialah sebesar Rp 104.202.505.798,70. Berdasarkan Persamaan 3.7 maka dapat dihitung nilai rasio B/C, setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai rasio B/C sebesar 2,486%.

### 5.7 Pembahasan

Pembahasan dalam penelitian ini meliputi perencanaan tebal perkerasan kaku, biaya konstruksi (*initial cost*) dan biaya siklus hidup (*life cycle cost*), perhitungan manfaat yang dalam hal ini adalah penghematan biaya operasi kendaraan tidak tetap (*running cost*) dan analisa manfaat biaya.

#### 5.7.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Berdasarkan data lalu lintas yang diasumsikan sama dengan ruas jalan Suruh-Singlar serta perencanaan tebal perkerasan kaku dengan mengacu pada Pd T-14-2003 maka diperoleh tebal perkerasan kaku rencana 240 mm dan lapis pondasi agregat jenis *Cement Treated Subbase* setebal 100 mm. Mengacu pada Pd T-14-2003 guna menentukan apakah tebal perkerasan tersebut dapat digunakan atau tidak maka perlu dilakukan analisis fatik dan erosi. Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan baik terhadap fatik maupun erosi diperoleh total kersakan akibat fatik sebesar 51,746 % dan kerusakan akibat erosi sebesar 5,1746 %. Persentasi kerusakan akibat fatik dan erosi yang diperoleh tidak melebihi 100% artinya tebal perkerasan rencana tersebut dapat digunakan.

Sedangkan berdasarkan data lalu lintas Tabel 3.2 serta perencanaan tebal perkerasan kaku dengan mengacu pada Pd T-14-2003 maka diperoleh tebal perkerasan kaku rencana 220 mm dan lapis pondasi agregat jenis *Cement Treated Subbase* setebal 125 mm. Mengacu pada Pd T-14-2003 guna menentukan apakah

tebal perkerasan tersebut dapat digunakan atau tidak maka perlu dilakukan analisis fatik dan erosi. Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan baik terhadap fatik maupun erosi diperoleh total kerusakan akibat fatik sebesar 11,4689 % dan kerusakan akibat erosi sebesar 3,4407 %. Persentase kerusakan akibat fatik dan erosi yang diperoleh tidak melebihi 100% artinya tebal perkerasan rencana tersebut dapat digunakan

#### 5.7.2 Biaya Langsung dan Siklus Hidup Perkerasan

Berdasarkan pedoman AHSP Bidang Bina Marga maka analisa harga satuan pekerjaan diterjemahkan kedalam spesifikasi umum yang terdiri dari sepuluh divisi umum pekerjaan. Mengacu pada perhitungan yang sudah dilakukan yang tercantum dalam Tabel 5.30 maka harga satuan pekerjaan yang paling besar ialah pekerjaan mobilisasi sebesar Rp 43.905.391,40 dengan satuan lumpsum, sedangkan harga satuan pekerjaan paling kecil ialah pekerjaan batang pengikat sebesar Rp 19.525,25/kg.

Sedangkan biaya total pekerjaan tiap divisi berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan dengan rekapitulasi yang tercantum dalam Tabel 5.31 diperoleh divisi dengan persentase biaya terbesar yakni divisi 5 Perkerasan Beton Semen dengan persentase 89,41 % dari seluruh biaya konstruksi. Sedangkan divisi 1 merupakan divisi dengan biaya konstruksi terkecil yaitu dengan persentase 0,13 % dari total biaya konstruksi. Berdasarkan analisa perhitungan yang sudah dilakukan, total biaya konstruksi awal perkerasan kaku sebesar Rp 39.873.523.948,83 (termasuk PPN 10 %). Artinya biaya konstruksi perkerasan tersebut tiap kilomernya sebesar Rp 5.111.990.249,85 dan tiap meter nya Rp5.111.990,25.

Sementara itu biaya siklus hidup perkerasan jalan bergantung pada strategi perawatan dan rehabilitasi dari perkerasan. Penelitian ini menggunakan strategi desain perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku yang dirancang oleh Pennsylvania Department of Transportation (PennDOT) dengan sedikit modifikasi. Strategi desain perawatan dan rehabilitasi yang dilakukan mengacu pada Tabel 5.33.

Berdasarkan Tabel 5.34 diperoleh biaya perawatan yang meningkat mulai tahun ke-5 hingga tahun ke-20, kemudian pada tahun ke-25 menurun dan pada tahun ke-



30 naik lagi hingga tahun ke-40. Peningkatan yang cukup signifikan pada tahun ke-20 ini terjadi karena volume pekerjaan perawatan lebih besar daripada tahun-tahun lainnya. Sementara itu harga satuan pekerjaan terus meningkat tiap tahunnya dengan harga satuan pekerjaan perawatan terbesar terjadi pada tahun ke-40.

Berikutnya dalam Tabel 5.35 didapatkan nilai sekarang (*present value*) berdasarkan nilai masa depan (*future value*) dari biaya perawatan perkerasan kaku. Dalam Tabel 5.35 menunjukkan bahwa ada selisih harga antara nilai masa depan (*future value*) dan nilai sekarang (*present value*), seiring meningkatnya tahun selisih yang diperoleh juga semakin besar. Selisih harga dipengaruhi oleh tingkat pengali terhadap nilai masa depan yakni diskonto faktor ( $P/F, i, n$ ) yang menurun seiring meningkatnya tahun.

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan, diperoleh biaya perawatan perkerasan kaku selama umur rencana sebesar Rp2.152.447.265,05. Sehingga dapat dihitung biaya siklus hidup selama umur rencana sebesar Rp Rp 41.892.095.992,29 dimana 5,138 % dari total biaya siklus hidup merupakan biaya perawatan selama umur rencana sedangkan 94,862% merupakan biaya konstruksi awal. Lalu setelah dilakukan analisis dengan menggunakan data LHR Tabel 3.2 diperoleh biaya perawatan selama umur rencana sebesar Rp 1.614.361.122,95. Sehingga dapat dihitung biaya siklus hidup selama umur rencana sebesar Rp 40.120.892.307,89. Dari analisis itu dapat disimpulkan bahwa biaya konstruksi awal pada perkerasan kaku memiliki persentase lebih besar dalam perkerasan jalan kaku dari pada biayanya.

### 5.7.3 Manfaat dari Penghematan Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap

Berdasarkan pada analisis BOK tidak tetap sebelumnya nilai BOK *without project* lebih besar dibandingkan BOK tidak tetap *with project*. Adanya perbedaan itu menunjukkan bahwa biaya operasi kendaraan akan lebih murah apabila ruas jalan deas indah tersebut diperbaiki. Selain itu selisih antara BOK tidak tetap *without project* dan *with project* tersebut juga merupakan manfaat yang akan diperoleh pengendara di jalan tersebut.

Tabel 5.58 menampilkan peningkatan pertumbuhan kendaraan yang akan berpengaruh pada nilai penghematan BOK tidak tetap. Artinya apabila volume lalu



lintas tahunan pada ruas jalan yang direncanakan tersebut meningkat maka penghematan biaya dalam bentuk nilai masa depan (*future value*) akan meningkat pula. Apabila tidak ada perubahan volume lalu lintas maka bisa dipastikan *future value* dari penghematan biaya operasi kendaraan tidak berubah tiap tahunnya. Hal itu dikarenakan besaran penghematan BOK tidak tetap yang digunakan diasumsikan tetap selama umur rencana.

Berbeda dengan nilai masa depan penghematan BOK tidak tetap yang tiap tahun meningkat, maka nilai sekarang atau *present value* dari penghematan biaya pada tahun ke-n akan menurun selama umur rencana. Hal ini sama dengan penjabaran pada analisa biaya siklus hidup dimana faktor diskonto sebagai pengali terhadap nilai masa depan pada tahun ke-n akan mengecil dari awal hingga akhir umur rencana.

Dari Tabel 5.58 diperoleh total penghematan BOK tidak tetap dari tahun ke-0 hingga tahun ke-40 dalam nilai sekarang (*present value*) sebesar Rp 38.628.336.074,45. Sedangkan dari Tabel 5.77 diperoleh total penghematan BOK tidak tetap apabila dianalisis dengan data lalu lintas pada Tabel 3.2 sebesar Rp 104.202.505.798,70. Tetapi analisis yang dilakukan dengan LHR berdasarkan Tabel 3.2 umur rencana hanya 20 tahun karena ketentuan dari Tabel 3.2 tersebut. Dalam persamaan rasio B/C total penghematan dalam nilai sekarang (*present value*) ini dibandingkan dengan biaya siklus hidup perkerasan kaku dalam nilai sekarang (*present value*).

#### 5.7.4 Kelayakan Ekonomi Berdasarkan Rasio B/C

Berdasarkan analisis manfaat-biaya yang sudah dilakukan, apabila dibangun dengan desain perkerasan kaku sesuai yang direncanakan dengan data lalu lintas suruh-singlar dalam penelitian ini, maka diperoleh rasio B/C sebesar 0,922. Sedangkan apabila dianalisis menggunakan data lalu lintas Tabel 3.2 diperoleh B/C 2,486%. Apabila dilihat dari nilai rasio tersebut menunjukkan bahwa perkerasan jalan yang akan dibangun yang dihitung menggunakan data LHR suruh-singlar tidak memenuhi kelayakan ekonomi. Indikator kelayakan ekonomi dengan metode B/C mengharuskan nilai rasio B/C yang diperoleh lebih dari 1, artinya manfaat yang

diterima oleh masyarakat harus lebih besar atau sama dengan biaya yang dikeluarkan untuk membangun ruas jalan tersebut.

Namun dalam analisis yang sudah dilakukan manfaat yang dihitung hanyalah manfaat dalam bentuk penghematan biaya operasi kendaraan. Pada kenyataannya manfaat yang akan timbul yang dapat dihitung apabila mengacu pada pedoman studi kelayakan proyek jalan dan jembatan Pd T-19-2005-B ialah penghematan nilai waktu perjalanan, penghematan biaya kecelakaan dan penghematan dalam pemeliharaan jalan. Dari segi ekonomi manfaat yang bisa diperoleh ialah pengembangan ekonomi dalam bentuk sektor usaha pariwisata, perlu diketahui bahwa jl deles indah yang direncanakan dalam penelitian ini merupakan akses jalan menuju obyek wisata Deles Indah. Belum lagi terkait manfaat tidak terukur (*intangible benefits*) dalam proses kelancaran evakuasi apabila terjadi bencana Gunung Merapi karena ruas jalur tersebut juga merupakan jalur evakuasi bencana. Apabila manfaat-manfaat itu disertakan dalam analisis maka nilai rasio B/C akan meningkat. Hal itu kemudian dapat menunjukkan bahwa rencana pekerjaan perkerasan kaku tersebut diyakini layak untuk dilaksanakan.

Pada sisi yang lain, apabila manfaat-manfaat ekonomi tersebut telah disertakan namun tetap menghasilkan nilai rasio B/C dibawah 1, pembangunan infrastruktur jalan untuk publik tersebut bukan berarti tidak dilaksanakan. Pembangunan infrastruktur perlu mempertimbangkan aspek yang lebih krusial yaitu keselamatan nyawa warga setempat apabila terjadi bencana Gunung Merapi, artinya aspek manfaat yang tidak terukur (*intangible benefits*) tersebut mestinya menjadi perhatian dalam pengambilan keputusan terhadap pembangunan infrastruktur tersebut.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Penerapan Metode Analisa Manfaat-Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Proyek Infrastruktur (Studi Kasus Ruas Jl deles indah, Desa sidorejo, kecamatan Kemalang, Klaten, Jawa Tengah) ialah sebagai berikut:

1. Tebal perkerasan kaku pada ruas jalan deles indah, Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Klaten, Jawa Tengah berdasarkan Pd T-14-2003 dengan menggunakan data lalu lintas suruh-singlar setebal 240 mm dengan jenis perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan ruji tanpa bahu beton. Sedangkan untuk lapis pondasi bawah diperoleh tebal 100 mm dengan jenis *Cement Treated Subbase*. Dari analisa fatik dan erosi diperoleh nilai kerusakan sebesar 51,746% untuk fatik serta 5,1746% untuk kerusakan akibat erosi. Artinya tebal perkerasan tersebut dapat digunakan karena persen kerusakan akibat fatik dan erosi tidak melebihi 100%.  
Sedangkan apabila menggunakan data lalu lintas Tabel 3.2 setebal 220 mm dengan jenis perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan ruji tanpa bahu beton. Sedangkan untuk lapis pondasi bawah diperoleh tebal 125 mm dengan jenis *Cement Treated Subbase*. Dari analisa fatik dan erosi diperoleh nilai kerusakan sebesar 11,4689% untuk fatik serta 3,4407% untuk kerusakan akibat erosi. Artinya tebal perkerasan tersebut dapat digunakan karena persen kerusakan akibat fatik dan erosi tidak melebihi 100%.
2. Berdasarkan perhitungan dengan mengacu pada pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga, untuk analisis menggunakan data LHR Suruh-Singlar biaya konstruksi (*initial cost*) perkerasan kaku yang diperoleh sebesar Rp39.739.648.727,24. Sedangkan biaya siklus hidup

selama umur rencana, dengan menggunakan strategi perawatan sambungan berkala tiap 5 tahun diperoleh sebesar Rp 41.892.095.992,29.

Sedangkan untuk analisis menggunakan data LHR MDPJ Bina Marga Tabel 3.2 biaya konstruksi (*initial cost*) perkerasan kaku yang diperoleh sebesar Rp38.506.531.184,94. Sedangkan biaya siklus hidup selama umur rencana, dengan menggunakan strategi perawatan sambungan berkala tiap 5 tahun diperoleh sebesar Rp40.120.892.307,89.

3. Manfaat pembangunan kembali ruas jalan tersebut dihitung dari segi penghematan biaya operasi kendaraan yakni dengan membandingkan biaya operasi kendaraan *without project* dan *with project*. Berdasarkan analisis menggunakan data LHR Suruh-Singlar diperoleh total penghematan biaya operasi kendaraan selama umur rencana 40 tahun sebesar Rp 38.628.336.074,45. Sedangkan berdasarkan analisis menggunakan data LHR Tabel 3.2 diperoleh total penghematan biaya operasi kendaraan selama umur rencana 20 tahun sebesar Rp104.202.505.798,70.
4. Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi dengan metode manfaat biaya dengan data LHR Suruh-Singlar diperoleh nilai rasio B/C sebesar 0,922. Artinya desain perkerasan kaku pada jalan tersebut tidak memenuhi indikator kelayakan yaitu lebih atau sama dengan 1. Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi dengan metode manfaat biaya dengan data LHR MDPJ Bina Marga Tabel 3.2 diperoleh nilai rasio B/C sebesar 2,486. Artinya desain perkerasan kaku pada jalan tersebut memenuhi indikator kelayakan yaitu lebih atau sama dengan 1. Tetapi untuk analisis dengan data LHR MDPJ Bina Marga perlu diteliti lebih mendalam lagi karena analisis yang sudah dilakukan baru dengan kendaraan truk ringan 2 as dan truk berat 2 as saja dikarenakan pada Tabel 3.2 tersebut tidak dicantumkan untuk persen volume jenis kendaraan lainnya.

## 6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dan kesimpulan-kesimpulan yang sudah didapat, maka saran yang dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan berbagai alternatif jenis perkerasan lainnya seperti perkerasan lentur maupun kombinasi perkerasan kaku dengan perkerasan lentur kemudian membandingkan siklus hidup serta manfaat antar jenis perkerasan yang dipilih tersebut
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait jenis strategi perawatan dan rehabilitasi jalan yang diperkirakan akan diterapkan, hal ini disebabkan karena pemilihan strategi perawatan dan rehabilitasi jalan akan mempengaruhi biaya siklus hidup jalan selama umur rencana
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mempertajam aspek manfaat lainnya maupun dengan metode lainnya yang dapat dicakup dalam pembangunan jalan.
4. Untuk analisis dengan data LHR MDPJ Bina Marga perlu diteliti lebih mendalam lagi karena analisis yang sudah dilakukan baru dengan kendaraan truk ringan 2 as dan truk berat 2 as saja dikarenakan LHR MDPJ Bina Marga tersebut tidak dicantumkan untuk persen volume jenis kendaraan lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 2002. *Metodologi Penelitian Suatu Pendekatan Proposal*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Asiyanto. 2010. *Metode Konstruksi Proyek Jalan*. Jakarta: UI Press.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Panjang Jalan Menurut Jenis Permukaan Kondisi Dan Kelas Jalan Di Kabupaten Klaten Tahun 2014. (Online). (<https://klatenkab.bps.go.id/statictable/2015/09/17/193/panjang-jalan-menurut-jenis-pemukiman-kondisi-dan-kelas-jalan-di-kabupaten-klaten-tahun-2014-km-.html>). Diakses 21 Desember 2021).
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan: 1. Biaya Tidak Tetap (Running Cost)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- E.J Yoder, 1959. *Principles of Pavement Design* 2nd Ed, 1959
- Hardwiyono, S. 2013. *Metode Pelaksanaan Perkerasan Jalan*. Tesis. (<http://thesis.umsida.ac.id/datapubliknonthesis/EBUMY2275.pdf>). Diakses 14 Desember 2021). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Haryanto, I., & Utomo, H. B. 2012. *Bahan Ajar Perkerasan Jalan*. ([https://www.academia.edu/23757103/BUKU\\_AJAR\\_MATA\\_KULIAH\\_PERKERASAN\\_JALAN\\_RAYA](https://www.academia.edu/23757103/BUKU_AJAR_MATA_KULIAH_PERKERASAN_JALAN_RAYA)). Diakses 14 Desember 2021).
- Kartadipura, R. H. 2011. Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode Annual Worth. *Info-Teknik*, 12(2), 54-60.
- Khuzaifah. 2017. *Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan*. Tugas Akhir. (<http://etd.unsyiah.ac.id/baca/index.php?id=18127&page=6>). Diakses 20 Desember 2021). Universitas Syiah Kuala. Aceh.
- Kodoatie, R. J. 1995. *Analisis Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Menteri Pekerjaan Umum. 2016. *Permen PU-PR tentang Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta: Kementerian PU-PR
- Muhammad. 2021. *Analisis Biaya Selama Siklus Hidup Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada Perencanaan Jalan*. Skripsi.

- (<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/29303>. Diakses 2 Desember 2021). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Muthafer. 2017. Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Penelitian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan. Skripsi. (<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/4868> Diakses 2 Desember 2021). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Pd T-15-2005-B, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian I : Biaya Tidak Tetap (Running Cost).
- Pennsylvania Department of Transportation. (2015). Publication 242. Pennsylvania.
- Putranto, Y.P. dan Ridwansyah, A.M. 2016. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) pada Ruas Jalan Tol Karanganyar-Solo, Malang.
- Putro, H. 2005. *Diktat Ekonomi Teknik*. ([http://haryono\\_putro.staffgunadarma.ac.id/](http://haryono_putro.staffgunadarma.ac.id/). Diakses pada tanggal 4 Januari 2022).
- Saadang, H. 2005. *Konstruksi Jalan Raya*. Nova. Bandung
- Setiawan. 2019. Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya pada Perencanaan Jalur Evakuasi Menggunakan Jalur Flexible Pavement. Skripsi. (<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/16020>. Diakses 2 Desember 2021). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sharma, K. R. 2011. *Fundamentals of Engineering Economics*. Cognella.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
- Sukirman. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Suryana. 2010. *Buku Ajar Perkuliahan: Metodologi Penelitian, Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Tenriajeng, A.T. 2002. *Rekayasa Jalan Raya-2*. Gunadarma. Jakarta





### Lampiran 1. Data Nilai Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi

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
150	5	1,7	2,72	2,25	1,68	2,8	3,4	3,50	3,55	2,6	3,21	3,3	3,37
150	10	1,62	2,56	2,09	1,58	2,79	3,39	3,46	3,5	2,59	3,2	3,28	3,32
150	15	1,59	2,48	2,01	1,53	2,78	3,38	3,44	3,47	2,59	3,2	3,27	3,3
150	20	1,56	2,43	1,97	1,51	2,77	3,37	3,43	3,46	2,59	3,19	3,26	3,29
150	25	1,54	2,37	1,92	1,48	2,77	3,37	3,42	3,44	2,59	3,19	3,25	3,28
150	35	1,49	2,28	1,82	1,43	2,76	3,36	3,39	3,4	2,58	3,18	3,23	3,25
150	50	1,43	2,15	1,73	1,4	2,74	3,34	3,36	3,37	2,57	3,17	3,21	3,22
150	75	1,38	2,02	1,64	1,36	2,72	3,32	3,33	3,32	2,56	3,16	3,19	3,19
160	5	1,54	2,49	2,06	1,55	2,72	3,32	3,43	3,47	2,52	3,12	3,22	3,3
160	10	1,47	2,34	1,92	1,44	2,71	3,31	3,39	3,43	2,51	3,11	3,2	3,26
160	15	1,44	2,26	1,84	1,39	2,7	3,3	3,37	3,41	2,61	3,11	3,19	3,24
160	20	1,41	2,22	1,8	1,37	2,69	3,29	3,36	3,4	2,5	3,1	3,18	3,23
160	25	1,39	2,17	1,76	1,34	2,69	3,29	3,35	3,38	2,5	3,1	3,17	3,21
160	35	1,34	2,07	1,87	1,29	2,68	3,28	3,32	3,34	2,49	3,09	3,15	3,18
160	50	1,3	1,96	1,58	1,25	2,66	3,26	3,28	3,3	2,49	3,09	3,13	3,15
160	75	1,24	1,85	1,49	1,23	2,64	3,24	3,26	3,25	2,48	3,08	3,12	3,12
170	5	1,41	2,27	1,93	1,44	2,64	3,24	3,37	3,43	2,44	3,04	3,15	3,24
170	10	1,34	2,14	1,78	1,33	2,62	3,22	3,33	3,38	2,43	3,03	3,13	3,2
170	15	1,31	2,07	1,71	1,28	2,62	3,22	3,31	3,35	2,43	3,03	3,12	3,18
170	20	1,29	2,03	1,67	1,26	2,61	3,21	3,3	3,34	2,42	3,02	3,11	3,17
170	25	1,27	1,99	1,63	1,23	2,61	3,21	3,28	3,32	2,42	3,02	3,1	3,15
170	35	1,23	1,9	1,54	1,18	2,6	3,2	3,25	3,28	2,41	3,01	3,08	3,12
170	50	1,19	1,81	1,46	1,14	2,58	3,18	3,22	3,24	2,4	3,01	3,06	3,08
170	75	1,14	1,7	1,37	1,1	2,57	3,17	3,19	3,19	2,4	3	3,04	3,05
180	5	1,29	2,1	1,81	1,35	2,57	3,17	3,33	3,37	2,36	2,97	3,09	3,2
180	10	1,23	1,98	1,66	1,24	2,55	3,15	3,28	3,32	2,35	2,96	3,07	3,15
180	15	1,2	1,92	1,59	1,19	2,55	3,15	3,25	3,29	2,35	2,96	3,05	3,12
180	20	1,18	1,88	1,55	1,17	2,54	3,14	3,24	3,28	2,35	2,95	3,04	3,11
180	25	1,16	1,84	1,51	1,14	2,54	3,14	3,23	3,26	2,35	2,95	3,03	3,09
180	35	1,12	1,76	1,43	1,09	2,53	3,13	3,2	3,22	2,34	2,94	3,01	3,06
180	50	1,09	1,67	1,35	1,05	2,51	3,11	3,17	3,19	2,33	2,93	2,99	3,02
180	75	1,03	1,57	1,26	1,01	2,49	3,1	3,13	3,14	2,32	2,92	2,97	2,99
190	5	1,19	1,95	1,69	1,27	2,5	3,11	3,28	3,32	2,29	2,9	3,03	3,15
190	10	1,13	1,84	1,55	1,16	2,48	3,09	3,23	3,27	2,28	2,89	3	3,1
190	15	1,1	1,78	1,49	1,11	2,48	3,08	3,2	3,24	2,28	2,88	2,98	3,07
190	20	1,09	1,75	1,45	1,09	2,47	3,07	3,19	3,23	2,27	2,88	2,98	3,06
190	25	1,07	1,71	1,41	1,06	2,47	3,07	3,17	3,21	2,27	2,88	2,97	3,04
190	35	1,03	1,63	1,33	1,01	2,46	3,06	3,14	3,17	2,26	2,87	2,95	3
190	50	1	1,55	1,26	0,97	2,44	3,04	3,1	3,14	2,26	2,86	2,93	2,97
190	75	0,96	1,46	1,17	0,91	2,43	3,03	3,07	3,09	2,25	2,85	2,91	2,93
200	5	1,1	1,81	1,6	1,2	2,44	3,04	3,23	3,27	2,23	2,83	2,97	3,1
200	10	1,05	1,7	1,46	1,1	2,42	3,02	3,18	3,22	2,22	2,82	2,95	3,05
200	15	1,02	1,65	1,4	1,05	2,42	3,02	3,15	3,19	2,22	2,82	2,93	3,02
200	20	1,01	1,62	1,36	1,02	2,41	3,01	3,14	3,18	2,21	2,81	2,92	3,01
200	25	0,99	1,59	1,33	0,99	2,4	3,01	3,12	3,16	2,21	2,81	2,91	2,99
200	35	0,96	1,52	1,25	0,94	2,39	3	3,09	3,12	2,2	2,8	2,89	2,95
200	50	0,92	1,44	1,18	0,89	2,38	2,98	3,06	3,09	2,19	2,79	2,87	2,92
200	75	0,89	1,36	1,1	0,84	2,36	2,96	3	3,04	2,18	2,78	2,85	2,88
210	5	1,02	1,69	1,5	1,14	2,38	2,99	3,18	3,23	2,17	2,77	2,92	3,06
210	10	0,97	1,59	1,38	1,04	2,36	2,97	3,13	3,18	2,16	2,76	2,89	3,01
210	15	0,94	1,54	1,32	0,99	2,36	2,96	3,1	3,15	2,15	2,75	2,87	2,98
210	20	0,93	1,51	1,28	0,96	2,35	2,95	3,09	3,13	2,14	2,75	2,87	2,96
210	25	0,92	1,48	1,25	0,93	2,34	2,95	3,07	3,11	2,14	2,75	2,86	2,94
210	35	0,89	1,41	1,18	0,88	2,33	2,94	3,04	3,07	2,13	2,74	2,84	2,9
210	50	0,86	1,35	1,11	0,83	2,32	2,92	3,01	3,04	2,13	2,73	2,81	2,86
210	75	0,82	1,27	1,03	0,78	2,3	2,9	2,95	2,98	2,12	2,72	2,79	2,83

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

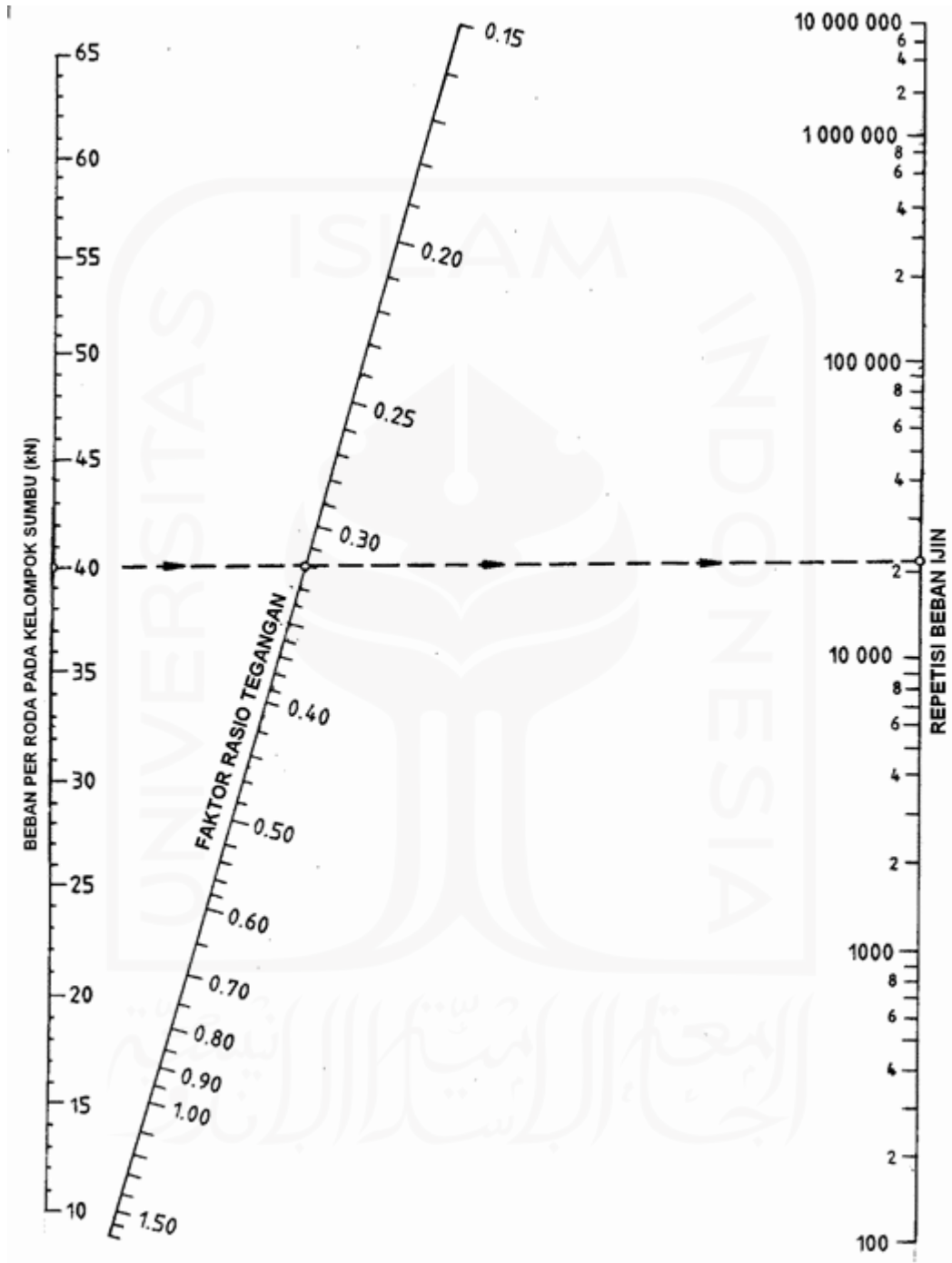
### Lanjutan Lampiran 1. Data Nilai Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi

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

LSTRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STRRG: Su

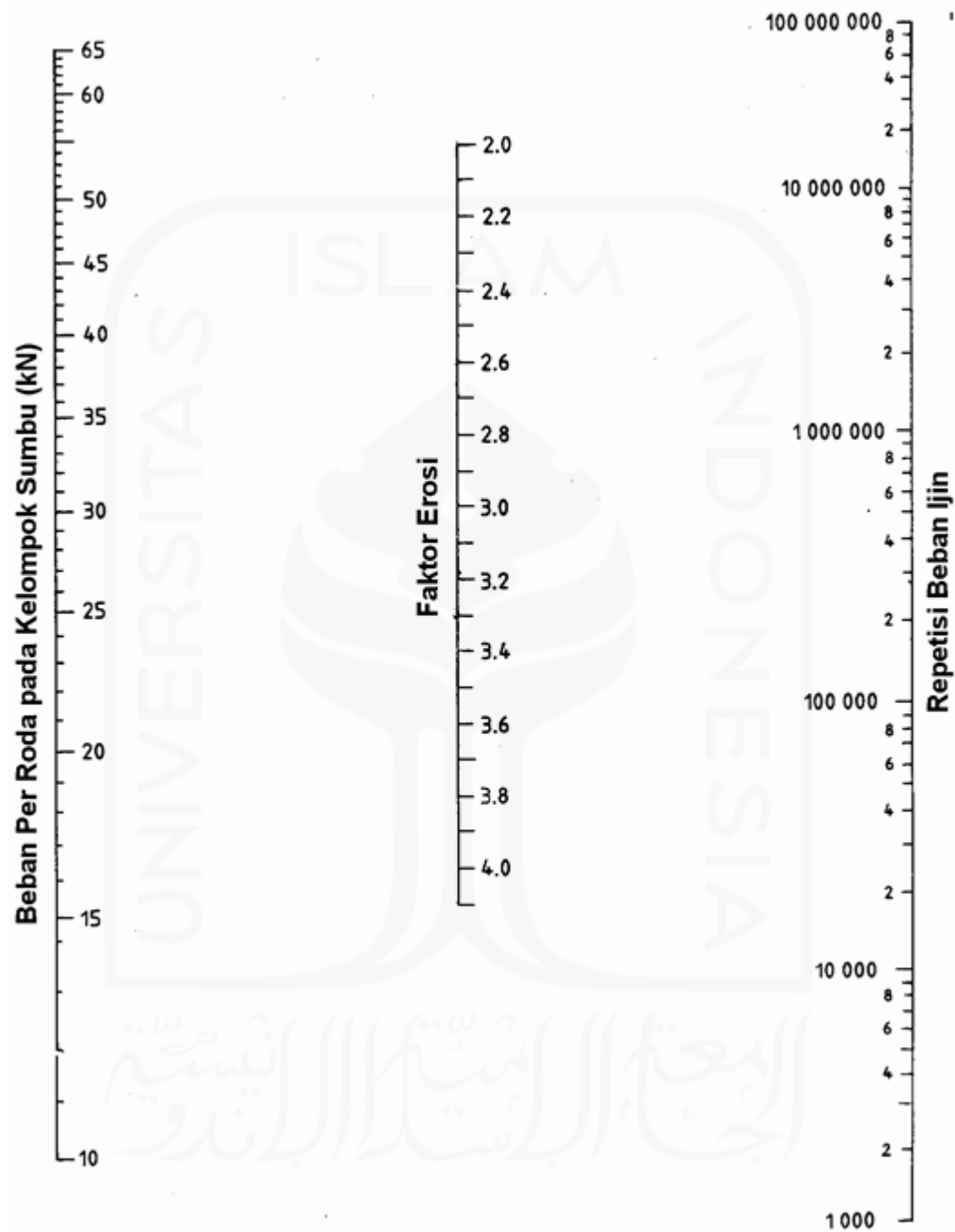
Sumber: Departemen Pemukiman&Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003

**Lampiran 2. Nomogram analisa fatik dan beban repetisi ijin tanpa bahu beton**



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

### Lampiran 3. Nomogram Analisa Erosi dan Beban Repetisi Ijin



Sumber: Departemen Pemukiman & Prasaranna Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003

**Lampiran 4. Data Tingkat Inflasi 5 Tahun Terakhir**

<b>Periode</b>	<b>Data Inflasi</b>
Mei 2022	3,55%
April 2022	3,47%
Maret 2022	2,64%
Februari 2022	2,06%
Januari 2022	2,18%
Desember 2021	1,87%
November 2021	1,75%
Oktober 2021	1,66%
September 2021	1,60%
Agustus 2021	1,59%
Juli 2021	1,52%
Juni 2021	1,33%
Mei 2021	1,68%
April 2021	1,42%
Maret 2021	1,37%
Februari 2021	1,38%
Januari 2021	1,55%
Desember 2020	1,68%
November 2020	1,59%
Oktober 2020	1,44%
September 2020	1,42%
Agustus 2020	1,32%
Juli 2020	1,54%
Juni 2020	1,96%
Mei 2020	2,19%
April 2020	2,67%
Maret 2020	2,96%
Februari 2020	2,98%
Januari 2020	2,68%
Desember 2019	2,72%
November 2019	3%
Oktober 2019	3,13%
September 2019	3,39%
Agustus 2019	3,49%
Juli 2019	3,32%
Juni 2019	3,28%
Mei 2019	3,32%
April 2019	2,83%
Maret 2019	2,48%

**Lanjutan Lampiran 4. Data Tingkat Inflasi 5 Tahun Terakhir**

<b>Periode</b>	<b>Data Inflasi</b>
Februari 2019	2,57%
Januari 2019	2,82%
Desember 2018	3,13%
November 2018	3,23%
Oktober 2018	3,16%
September 2018	2,88%
Agustus 2018	3,20%
Juli 2018	3,18%
Juni 2018	3,12%
Mei 2018	3,23%
April 2018	3,41%
Maret 2018	3,40%
Februari 2018	3,18%
Januari 2018	3,25%
Desember 2017	3,61%
November 2017	3,30%
Oktober 2017	3,58%
September 2017	3,72%
Agustus 2017	3,82%
Juli 2017	3,88%
Juni 2017	4,37%
Mei 2017	4,33%
April 2017	4,17%
Maret 2017	3,61%
Februari 2017	3,83%
Januari 2017	3,49%

Sumber: <http://www.bi.go.id/en/moneter/inflasi/data/Default.aspx>, diakses Juni

2022

**Lampiran 5. Data Tingkat BI Rate 7 Day 5 Tahun Terakhir**

<b>Tanggal</b>	<b>BI-7Day-RR ( %)</b>
24 Mei 2022	3,50
19 April 2022	3,50
17 Maret 2022	3,50
10 Februari 2022	3,50
20 Januari 2022	3,50
16 Desember 2021	3,50
18 November 2021	3,50
19 Oktober 2021	3,50
21 September 2021	3,50
19 Agustus 2021	3,50
22 Juli 2021	3,50
17 Juni 2021	3,50
25 Mei 2021	3,50
20 April 2021	3,50
18 Maret 2021	3,50
18 Februari 2021	3,50
21 Januari 2021	3,75
17 Desember 2020	3,75
19 November 2020	3,75
13 Oktober 2020	4,00
17 September 2020	4,00
19 Agustus 2020	4,00
16 Juli 2020	4,00
18 Juni 2020	4,25
19 Mei 2020	4,5
14 April 2020	4,5
19 Maret 2020	4,5
20 Februari 2020	4,75
23 Januari 2020	5,00
19 Desember 2019	5,00
21 November 2019	5,00
24 Oktober 2019	5,00
19 September 2019	5,25
22 Agustus 2019	5,5
18 Juli 2019	5,75
20 Juni 2019	6,00
16 Mei 2019	6,00
25 April 2019	6,00
21 Maret 2019	6,00

**Lanjutan Lampiran 5. Data Tingkat BI Rate 7 Day 5 Tahun Terakhir**

<b>Tanggal</b>	<b>BI-7Day-RR ( %)</b>
21 Februari 2019	6,00
17 Januari 2019	6,00
20 Desember 2018	6,00
15 November 2018	6,00
23 Oktober 2018	5,75
27 September 2018	5,75
15 Agustus 2018	5,5
19 Juli 2018	5,25
29 Juni 2018	5,25
30 Mei 2018	4,75
17 Mei 2018	4,5
19 April 2018	4,25
22 Maret 2018	4,25
15 Februari 2018	4,25
18 Januari 2018	4,25
14 Desember 2017	4,25
16 November 2017	4,25
19 Oktober 2017	4,25
22 September 2017	4,25
22 Agustus 2017	4,5
20 Juli 2017	4,75
15 Juni 2017	4,75
18 Mei 2017	4,75
20 April 2017	4,75
16 Maret 2017	4,75
16 Februari 2017	4,75
19 Januari 2017	4,75

Sumber: <https://www.bi.go.id/en/moneter/bi-7day-RR/data/Contents/Default.aspx>, ,  
diakses Juni 2022



**Lampiran 6. Data Harga Satuan Upah Tahun 2020 dan 2022**

No	Uraian	Kode	Harga Satuan (Rp)		Harga/Jam (Rp)	
			2020	2022	2020	2022
1	Pekerja	(L01)	Rp 80.000,00	Rp 80.000,00	Rp 10.000,00	Rp 10.000,00
2	Tukang	(L02)	Rp 95.000,00	Rp 95.000,00	Rp 11.875,00	Rp 11.875,00
3	Mandor	(L03)	Rp 110.000,00	Rp 110.000,00	Rp 13.750,00	Rp 13.750,00
4	Flagman	OB	Rp 500.000,00	Rp 539.970,01		
5	Koordinator	OB	Rp 750.000,00	Rp 809.955,02		

Sumber: Perbup Klaten No 1, 2020

Harga tahun 2022 diperoleh dengan rumus Persamaan 5.1

## Lampiran 7. Data Harga Satuan Bahan

Data Harga Satuan Bahan Tahun 2017&2022

Uraian	Unit	Harga Satuan (Rp)	
		2017	2022
Agregat kelas S	m <sup>3</sup>	Rp 107.480,11	Rp 116.072,07
Agregat Kasar	m <sup>3</sup>	Rp 168.063,30	Rp 181.498,28
Baja Tulangan 16mm	kg	Rp 12.413,76	Rp 13.406,12
Baja Tulangan 32mm	kg	Rp 12.413,76	Rp 13.406,12
Ready mix Concrete	m <sup>3</sup>	Rp 1.287.108,51	Rp 1.390.000,00
Cat Anti Karat	kg	Rp 37.241,30	Rp 40.218,37
multiplek 12mm	lbr	Rp 233.951,75	Rp 252.653,86
kayu acuan	m <sup>3</sup>	Rp 2.330.000,00	Rp 2.516.226,21
paku	kg	Rp 23.872,63	Rp 25.781,01
additive	ltr	Rp 91.000,00	Rp 97.967,82
minyak pencair	ltr	Rp 14.800,00	Rp 15.984,22

Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Ngaran -  
Telukan

Data Harga Satuan Bahan Tahun 2020&2022

Uraian	Unit	Harga Satuan (Rp)	
		2020	2022
Semen/PC ( /Kg)	kg	Rp 1.600,00	Rp 1.649,98
Kawat Beton	kg	Rp 27.500,00	Rp 28.359,11
Joint Sealant	Kg	Rp 55.000,00	Rp 56.718,21
Expansion Cap	m <sup>2</sup>	Rp 18.000,00	Rp 18.562,32
Polytene 125 mikron	Kg	Rp 48.000,00	Rp 49.499,53
Curing Compound	Kg	Rp 48.000,00	Rp 49.499,53
Cat Marka Thermoplastic	kg	Rp 17.500,00	Rp 18.046,70
glass bead	kg	Rp 20.000,00	Rp 20.624,81

Sumber: Perbup Klaten No 1, 2020

Harga tahun 2022 diperoleh dengan rumus Persamaan 5.1

## Lampiran 8. Data Harga Satuan Alat

### Data Harga Satuan Alat Tahun 2017 dan 2022

No	Uraian	Unit	Harga Satuan (Rp)	
			2017	2022
1	excavator	Jam	Rp 477.452,56	Rp 515.620,13
3	wheel loader	Jam	Rp 396.285,62	Rp 427.964,70
4	tandem roller	Jam	Rp 338.991,31	Rp 366.090,29
5	water tanker	Jam	Rp 312.253,97	Rp 337.215,56
7	vibrator roller	Jam	Rp 441.166,16	Rp 476.433,00
8	screed paver	Jam	Rp 27.779,32	Rp 30.000,00
9	slip form paver	Jam	Rp 286.471,54	Rp 309.372,08
10	compressor	Jam	Rp 205.304,59	Rp 221.716,65

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

### Data Harga Satuan Alat Tahun 2020 dan 2022

Uraian	Unit	Harga Satuan (Rp)	
		2020	2022
Dump truk	Jam	Rp 321.000,00	Rp 331.028,12
concrete mixer	Jam	Rp 125.500,00	Rp 129.420,65

Sumber: Perbup Klaten No 1, 2020

Harga tahun 2022 diperoleh dengan rumus Persamaan 5.1

### Lampiran 9. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 1

Item pekerjaan yang masuk dalam perhitungan biaya Divisi 1 ini antara lain pekerjaan mobilisasi dan manajemen keselamatan lalu lintas dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut

Tabel L.9.1 AHS Pekerjaan Mobilisasi

No	Uraian	Satuan	Vol	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	SEWA TANAH	M2			
B	PERALATAN				Rp 24.542.213,91
C	FASILITAS KONTRAKTOR		1	Rp 1.716.238,73	Rp 1.716.238,73
D	FASILITAS LABORATORIUM	SET	1	Rp 6.292.875,36	Rp 6.292.875,36
E	MOBILISASI LAINNYA				
F	DEMOBILISASI		1	Rp 7.362.664,17	Rp 7.362.664,17
G	<b>JUMLAH HARGA MOBILISASI</b>				Rp 39.913.992,18
H	<b>OVERHEAD&amp;PROFIT (10%*G)</b>				Rp 3.991.399,22
I	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN</b>				Rp 43.905.391,40

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

Tabel L.9.2 AHS Pekerjaan Manajmen dan Keselamatan Lalu Lintas

<b>N O</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satu an</b>	<b>Perkiraa n Kuantita s</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Jumlah Harga (Rp)</b>
<b>A</b>	DATA DAN ASUMSI				
<b>B</b>	URUTAN PEKERJAAN				
<b>C</b>	PERALATAN KESELAMATAN LALU LINTAS				
	Rambu portabel informasi pengalihan lalu lintas	bh	2	Rp 125.463,98	Rp 250.927,96
	rambu penghalang lalu lintas jenis plastik	bh	2	Rp 99.050,51	Rp 198.101,02
	rambu peringatan	bh	2	Rp 184.894,29	Rp 369.788,58
	Papan Nama Proyek	LS	1	Rp 330.168,37	Rp 330.168,37
<b>D</b>	TENAGA				
	Pekerja	OB	2	Rp 539.970,01	Rp 1.079.940,03
	Koordinator	OB	1	Rp 809.955,02	Rp 809.955,02
<b>E</b>	<b>JUMLAH HARGA</b>			<b>Rp 3.038.880,98</b>	
<b>F</b>	<b>OVERHEAD&amp;PROFIT (10%xE)</b>			<b>Rp 303.888,10</b>	
<b>G</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN</b>			<b>Rp 3.342.769,08</b>	

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

### Lampiran 10. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 3

Item pekerjaan yang ditentukan dalam perhitungan biaya Divisi 3 ini ialah pekerjaan galian dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan Sebagai berikut

Tabel L.10.1 AHS pekerjaan galian biasa

<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Perkiraan Kuantitas</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Jumlah Harga (Rp)</b>
<b>A TENAGA</b>					
1	Pekerja	jam	0,068	Rp 10.312,40	Rp 701,24
2	Mandor	jam	0,034	Rp 14.179,55	Rp 482,10
			Jumlah Harga Tenaga		Rp 1.183,35
<b>B BAHAN</b>					
<b>C PERALATAN</b>					
1	Excavator	Jam	0,034	Rp 515.620,13	Rp 17.531,08
2	Dump Truck	Jam	0,148	Rp 331.028,12	Rp 48.992,16
			Jumlah Harga Peralatan		Rp 66.523,25
<b>D</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT</b>				<b>Rp 67.706,59</b>
<b>E</b>	<b>OVERHEAD&amp;PROFIT</b>				<b>Rp 6.770,66</b>
<b>F</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN</b>				<b>Rp 74.477,25</b>

Sumber: Hasil analisis, 2022

### Lampiran 11. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 4

Item pekerjaan yang ditentukan dalam perhitungan biaya Divisi 4 ini ialah pekerjaan lapis pondasi agregat kelas S dengan perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut.

Tabel L.11.1 AHS pekerjaan lapis pondasi agregat kelas S

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga satuan	jumlah harga
<b>A TENAGA</b>					
1	Pekerja	Jam	0,06	Rp 10.312,40	Rp 618,74
2	Mandor	Jam	0,009	Rp 14.179,55	Rp 127,62
<b>Jumlah Harga Tenaga</b>					<b>Rp 746,36</b>
<b>B BAHAN</b>					
1	Agregat S	m3	1,259	Rp 116.072,07	Rp 146.134,73
<b>Jumlah Harga Bahan</b>					<b>Rp 146.134,73</b>
<b>C PERALATAN</b>					
1	wheel loader	Jam	0,009	Rp 427.964,70	Rp 3.851,68
2	Dump Truck	Jam	1,097	Rp 331.028,12	Rp 363.137,85
3	Tandem Roller	jam	0,005	Rp 366.090,29	Rp 1.830,45
	Water Tanker	jam	0,014	Rp 337.215,56	Rp 4.721,02
<b>Jumlah Harga Peralatan</b>					<b>Rp 373.541,00</b>
<b>D</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA BAHAN DAN PERALATAN ( A+B+C)</b>				<b>Rp 520.422,09</b>
<b>E</b>	<b>OVERHEAD &amp; PROFIT (10% X D )</b>				<b>Rp 52.042,21</b>
<b>F</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D+E)</b>				<b>Rp 572.464,30</b>

Sumber: Hasil analisis, 2022

## Lampiran 12. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 5

Item pekerjaan yang ditentukan dalam perhitungan biaya Divisi 5 antara lain lapis pondasi bawah *Cement treated Subbase*, batang pengikat dan ruji, Pekerjaan perkerasan beton semen ( $f'c$  30 Mpa), perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut.

Tabel L.12.1 AHS lapis pondasi bawah *Cement Treated Subbase*

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>A TENAGA</b>					
1	Pekerja	jam	1,0542	Rp 10.312,40	Rp 10.871,33
2	Tukang	jam	0,3012	Rp 12.245,98	Rp 3.688,49
3	Mandor	jam	0,1506	Rp 14.179,55	Rp 2.135,44
			<b>Jumlah Harga Tenaga</b>		<b>Rp 16.695,26</b>
<b>B BAHAN</b>					
1	Semen	Kg	112,75	Rp 1.649,98	Rp 186.035,74
2	Agregat Kasar	m <sup>3</sup>	1,2586	Rp 181.498,28	Rp 228.433,74
			<b>Jumlah Harga Bahan</b>		<b>Rp 414.469,48</b>
<b>C PERALATAN</b>					
1	Wheel Loader	Jam	0,024	Rp 427.964,70	Rp 10.271,15
2	Batching Plant/Concrete Mixer	Jam	0,075	Rp 129.420,65	Rp 9.706,55
3	Dump Truck	Jam	0,519	Rp 331.028,12	Rp 171.803,59
4	vibrator roller	Jam	0,0502	Rp 476.433,00	Rp 23.916,94
5	Water Tank Truck	Jam	0,0422	Rp 337.215,56	Rp 14.230,50
6	Screed Paver	Jam	0,012	Rp 30.000,00	Rp 360,00
			<b>Jumlah Harga Alat</b>		<b>Rp 230.288,73</b>
<b>D</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN (A+B+C)</b>				<b>Rp 661.453,47</b>
<b>E</b>	<b>OVERHEAD &amp; PROFIT (10% x D)</b>				<b>Rp 66.145,35</b>
<b>F</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN / M3</b>				<b>Rp 727.598,82</b>

Sumber: Hasil analisis, 2022



Tabel L.12.2 AHS pekerjaan batang pengikat pada sambungan memanjang

<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Perkiraan Kuantitas</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Jumlah Harga (Rp)</b>
<b>A</b>	<b>TENAGA</b>				
1	Pekerja	Jam	0,105	Rp 10.312,40	Rp 1.082,80
2	Tukang	Jam	0,035	Rp 12.245,98	Rp 428,61
3	Mandor	Jam	0,035	Rp 14.179,55	Rp 496,28
			Jumlah Harga Tenaga		Rp 2.007,70
<b>B</b>	<b>BAHAN</b>				
1	Baja Tulangan 16mm	Kg	1,1	Rp 13.406,12	Rp 14.746,74
2	Kawat Beton	Kg	0,0025	Rp 28.359,11	Rp 70,90
			Jumlah Harga Bahan		Rp 14.817,63
<b>C</b>	<b>PERALATAN</b>				
<b>D</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT</b>				<b>Rp 16.825,33</b>
<b>E</b>	<b>OVERHEAD&amp;PROFIT</b>				<b>Rp 1.682,53</b>
<b>F</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN</b>				<b>Rp 18.507,86</b>

Sumber: Hasil analisis, 2022

Tabel L.12.3 AHS pekerjaan ruji pada sambungan melintang

<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Perkiraan Kuantitas</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Jumlah Harga (Rp)</b>
<b>A</b>	<b>TENAGA</b>				
1	Pekerja	Jam	0,105	Rp 10.312,40	Rp 1.082,80
2	Tukang	Jam	0,035	Rp 12.245,98	Rp 428,61
3	Mandor	Jam	0,035	Rp 14.179,55	Rp 496,28
			Jumlah Harga Tenaga		Rp 2.007,70
<b>B</b>	<b>BAHAN</b>				
1	Baja Tulangan 32mm	Kg	1,1	Rp 13.406,12	Rp 14.746,74
2	Kawat Beton	Kg	0,0025	Rp 28.359,11	Rp 70,90
			Jumlah Harga Bahan		Rp 14.817,63
<b>C</b>	<b>PERALATAN</b>				
<b>D</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT</b>				<b>Rp 16.825,33</b>
<b>E</b>	<b>OVERHEAD&amp;PROFIT</b>				<b>Rp 1.682,53</b>
<b>F</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN</b>				<b>Rp 18.507,86</b>

Sumber: Hasil analisis, 2022

Tabel L.12.4 AHS pekerjaan perkerasan beton semen ( $f'c$  30 Mpa)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>TENAGA</b>				
1	Pekerja	Jam	1,4056	Rp 10.312,40	Rp 14.495,11
2	Tukang	Jam	0,7028	Rp 12.245,98	Rp 8.606,47
3	Mandor	Jam	0,1506	Rp 14.179,55	Rp 2.135,44
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					Rp 25.237,03
<b>B</b>	<b>BAHAN</b>				
1	Ready mix concrete	m3	1,05	Rp 1.390.000,00	Rp 1.459.500,00
2	Joint Sealant	Kg	0,99	Rp 56.718,21	Rp 56.151,03
3	Cat anti karat	Kg	0,02	Rp 40.218,37	Rp 804,37
4	Expansion cap	M2	0,17	Rp 18.562,32	Rp 3.155,60
5	Polytene 125 mikron	Kg	0,3281	Rp 49.499,53	Rp 16.240,80
6	Curing Compound	Ltr	0,6252	Rp 46.405,81	Rp 29.012,91
7	Multiple 12 mm	Lbr	0,16	Rp 252.653,86	Rp 40.424,62
8	Kayu acuan	M3	0,096	Rp 2.516.226,21	Rp 241.557,72
9	paku	Kg	1,024	Rp 25.781,01	Rp 26.399,75
10	Additive	Ltr	0,8568	Rp 97.967,82	Rp 83.938,83
<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>					Rp 1.957.185,62
<b>C</b>	<b>PERALATAN</b>				
1	Concrete Vibrator	Jam	0,333	Rp 43.827,71	Rp 14.594,63
2	Water tanker	Jam	1	Rp 337.215,56	Rp 337.215,56
3	Slip Form paver	Jam	0,0074	Rp 309.372,08	Rp 2.289,35
<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>					Rp 354.099,54
<b>D</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A+B+C)</b>				Rp 2.336.522,19
<b>E</b>	<b>OVERHEAD&amp;PROFIT (10% X D)</b>				Rp 233.652,22
<b>F</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)</b>				Rp 2.570.174,41

Sumber: Hasil analisis, 2022

### Lampiran 13. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 8

Item pekerjaan yang ditentukan dalam perhitungan biaya Divisi 8 ini antara lain marka jalan termoplastik dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut:

Tabel L.13.1 AHS pekerjaan marka jalan thermoplastik

<b>No</b>	<b>Komponen</b>	<b>Satuan</b>	<b>perkiraan kuantitas</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Jumlah Harga</b>
<b>A TENAGA</b>					
1	Pekerja	Jam	0,6	Rp 10.312,40	Rp 6.187,44
2	Tukang	Jam	0,225	Rp 12.245,98	Rp 2.755,35
3	Mandor	Jam	0,075	Rp 14.179,55	Rp 1.063,47
			<b>Jumlah Harga Tenaga</b>		Rp 10.006,25
<b>B BAHAN</b>					
1	Cat Marka Thermoplastic	Kg	1,95	Rp 18.046,70	Rp 35.191,07
2	Minyak Pencair (Thinner)	Ltr	1,05	Rp 15.984,22	Rp 16.783,44
3	Glass Bead	Kg	0,45	Rp 20.624,81	Rp 9.281,16
			<b>Jumlah Harga Bahan</b>		Rp 61.255,67
<b>C PERALATAN</b>					
1	Compressor	Jam	0,075	Rp 221.716,65	Rp 16.628,75
2	Dumptruck	Jam	0,075	Rp 331.028,12	Rp 24.827,11
			<b>Jumlah Harga Peralatan</b>		Rp 41.455,86
<b>D</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN , DAN PERALATAN ( A+B+C)</b>				Rp 112.717,78
<b>E</b>	<b>OVERHEAD &amp; PROFIT (10% X D)</b>				Rp 11.271,78
<b>F</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D+E )</b>				Rp 123.989,56

Sumber: Hasil analisis, 2022

## Lampiran 14. Perhitungan Volume Pekerjaan Divisi 1-8

### DIVISI 1. UMUM

#### 1.1 Mobilisasi

Mobilisasi = 1 LS

1.2 Manajemen Keselamatan lalu lintas = 1 LS

### DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH

#### 4.1 Galian

Tabel L.14.1 Perhitungan volume Galian

Item pekerjaan	panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Volume	
b	c	d	e	cx <sub>d</sub> x <sub>e</sub>	unit
Galian	7800	3,5	0,2	5.460	m <sup>3</sup>

Sumber: Hasil Analisis, 2022

### DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN

#### 4.1 Lapis Pondasi Agregat Kelas S

Tabel L.14.2 Perhitungan Volume Pelebaran Jalan

Item pekerjaan	panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Volume	
b	c	d	e	cx <sub>d</sub> x <sub>e</sub>	unit
Penyiapan badan jalan (pelebaran)	7800	3,5	0,2	5.460	m <sup>3</sup>

Sumber: Hasil Analisis, 2022

### DIVISI 5 PERKERASAN BETON

#### 4.1 Perkerasan Beton Semen ( $f'c$ 30 Mpa)

Tabel L.14.3 Perhitungan Volume Perkerasan Beton Semen

Item pekerjaan	panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Volume	
b	c	d	e	cx <sub>d</sub> x <sub>e</sub>	unit
Perkerasan Kaku (30 mpa)	7800	5,5	0,24	10.296	m <sup>3</sup>

Sumber: Hasil Analisis, 2022

4.2 Lapis Pondasi Bawah (*cement treated subbase*)

Tabel L.14.4 Perhitungan Volume Lapis Pondasi Bawah

Item pekerjaan	panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Volume	
b	c	d	e	cxdxe	unit
Lapis Pondasi Bawah	7800	7,5	0,1	5.850	m3

Sumber: Hasil Analisis, 2022

## 4.3 Batang Pengikat

Tabel L.14.4 Perhitungan Volume Batang Pengikat

Item Pekerjaan	Diameter (mm)	Panjang Batang Pengikat (m)	Jarak (m)	Panjang Perkerasan	Berat Batang Pengikat (Kg/m)	Volume	Unit
b	c	d	e	f	g	(f/e)xdxg	
Batang Pengikat	16	0,7	0,75	7800	1,58	11.302	Kg

Sumber: Hasil Analisis, 2022

## 4.4 Ruji/Dowel

Tabel L.14.5 Perhitungan Volume Ruji/Dowel

Item Pekerjaan	Diameter (mm)	Panjang Ruji (m)	Jarak (m)	Panjang Perkerasan	Berat Ruji/Dowel (Kg/m)	Volume	Unit
b	c	d	e	f	g	(f/e)xdxg	
Ruji/Dowel	32	0,45	0,3	7800	6,31	73.827	kg

Sumber: Hasil Analisis, 2022

## DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI

## 8.1 Marka Jalan Thermoplastik

Tabel L.14.6 Volume Marka Jalan Thermoplastik

Jenis Marka	panjang	lebar	Volume	
Marka kanan kiri jalan	7800	0,12	1872	m2
Marka jalan tengah	1300	0,12	156	m2
		Total	2028	m2

Sumber: Hasil Analisis