

TESIS

**ANALISIS BIAYA SELAMA SIKLUS HIDUP
PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU
PADA PERENCANAAN JALAN**

**(Studi Kasus Ruas Jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan
Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta)**

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



ASWAD RAFI MUHAMMAD

NIM: 17 914 024

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**ANALISIS BIAYA SELAMA SIKLUS HIDUP
PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU
PADA PERENCANAAN JALAN**

**(Studi Kasus Ruas Jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan
Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta)**

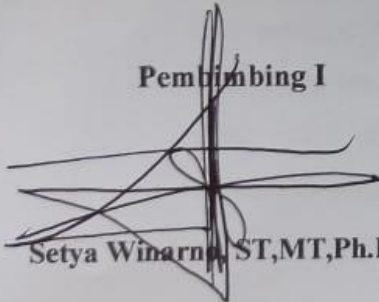
disusun oleh

**Aswad Rafi Muhammad
17 914 024**

Telah diuji oleh Dewan Penguji
pada tanggal 8 Januari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

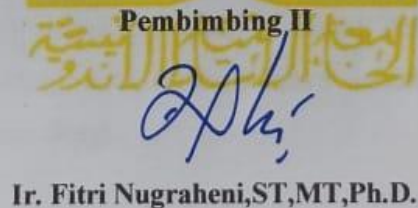
(Susunan Dewan Penguji)

Pembimbing I



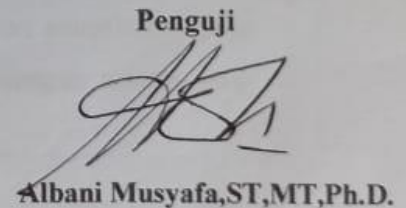
Setya Winarna, ST, MT, Ph.D.

Pembimbing II



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

Penguji



Albani Musyafa, ST, MT, Ph.D.

Yogyakarta, 27 JAN 2021
Universitas Islam Indonesia
Program Studi Teknik Sipil, Program Magister
Ketua Program,



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

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program “software” komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 8 Januari 2021
Yang membuat pernyataan,



Aswad Rafi Muhammad
NIM: 179 14 024

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji dan Syukur Penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT berkat Rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “ANALISIS BIAYA SELAMA SIKLUS HIDUP PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU PADA PERENCANAAN JALAN (Studi Kasus Ruas Jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta)” serta Shalawat dan salam semoga selalu dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai inspirasi akhlak dan pribadi mulia bagi umat manusia. Selama melaksanakan penyusunan laporan tugas akhir ini Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya Kepada:

1. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dan juga selaku Dosen pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;
2. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;
3. Bapak Albani Musyafa, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian tesis ini;
4. Pihak dari Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman yang telah membantu dalam pengambilan data;
5. Orang tuaku tercinta Ibu Suryaswati dan Bapak Muhammad Thoriq Mujahidi atas segala doa, bantuan, dukungan dan kasih sayang yang tak henti-hentinya mengalir untukku;
6. Pengelola Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil UII yang selalu membantu Penulis selama masa perkuliahan;

7. Rekan-rekan Magister Teknik Sipil khususnya Angkatan 2017 yang telah berjuang Bersama-sama selama masa perkuliahan;
8. Dan juga Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan sehingga dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan pada masa mendatang.

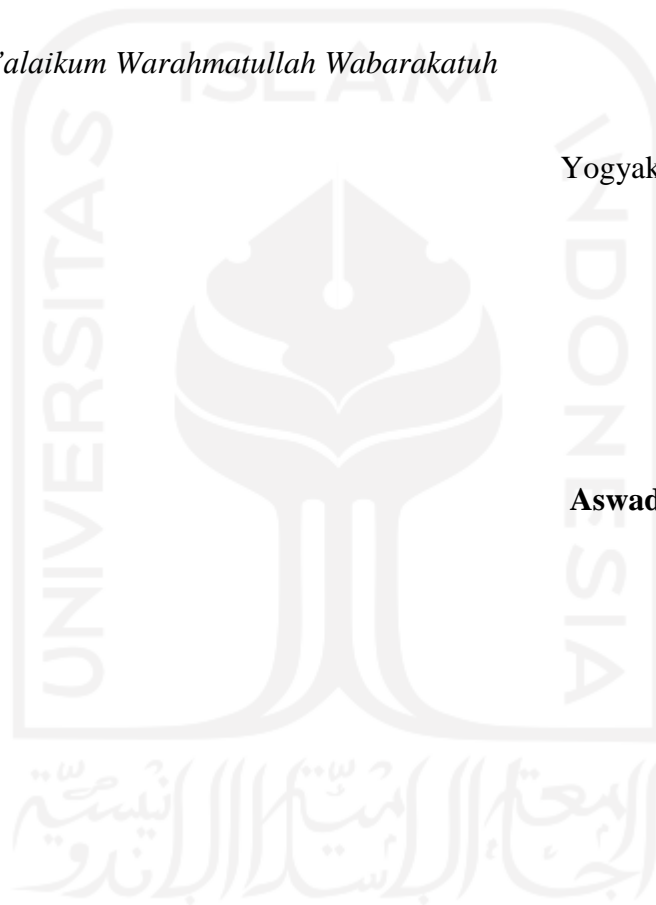
Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Yogyakarta, Januari 2021

Penulis,

Aswad Rafi Muhammad

NIM: 179 14 024



DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
ABSTRAK.....	xx
<i>ABSTRACT</i>	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	7
2.1.1 Life Cycle Cost Analysis of Bituminous Pavements and Concrete Pavements in Urban.....	7
2.1.2 <i>Life Cycle Cost Analysis of Road Pavements in Rural Areas</i>	7
2.1.3 Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur.....	8
2.1.4 <i>Life Cycle Cost Analysis of Asphalt and Concrete Pavements</i>	9

2.1.5 Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode Annual Worth.....	10
2.1.6 <i>Life Cycle Costs Analysis of Perpetual Asphalt</i>	11
2.1.7 Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur.....	12
2.1.8 Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan.....	12
2.2 Perbedaan Penelitian.....	13
BAB III LANDASAN TEORI.....	18
3.1 Perkerasan Jalan.....	18
3.2 Jenis-Jenis Perkerasan Jalan	18
3.2.1 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)	18
3.2.2 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement).....	19
3.2.3 Perkerasan Komposit.....	19
3.3 Perbandingan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	20
3.4 Perencanaan Perkerasan Lentur	21
3.4.1 Umur Rencana	21
3.4.2 Lalu Lintas	22
3.4.3 Faktor Lajur	23
3.4.4 Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Faktor). ..	24
3.4.5 Beban Lalu Lintas.....	27
3.4.6 Desain Struktur Perkerasan Lentur.....	27
3.4.7 Desain Pondasi	31
3.5 Perencanaan Perkerasan Kaku.....	32
3.5.1 Tanah Dasar dan Pondasi Bawah	33
3.5.2 Beton Semen.....	34
3.5.3 Lalu Lintas	35
3.5.4 Faktor Lajur	35
3.5.5 Beban Lalu Lintas.....	36
3.5.6 Bahu.....	37
3.5.7 Sambungan	38
3.5.8 Prosedur Desain Tebal Perkerasan	39

3.6 Analisis Biaya Siklus Hidup.....	43
3.6.1 Biaya Konstruksi	44
3.6.2 Biaya Rutin/Biaya Tahunan	45
3.6.3 Biaya Pengguna Jalan.....	46
3.7 Rencana Anggaran Biaya	55
BAB IV METODE PENELITIAN	57
4.1 Subjek dan Objek Penelitian.....	57
4.2 Data Penelitian.....	57
4.3 Lokasi Penelitian	58
4.4 Tahap Penelitian	59
4.5 Metode Analisis	60
4.6 Bagan Alir Penelitian.....	66
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	67
5.1 Data Penelitian.....	67
5.2 Perencanaan Perkerasan Lentur	69
5.2.1 Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR).....	69
5.2.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	70
5.2.3 Faktor Lajur	70
5.2.4 Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Factor).....	70
5.2.5 Tipe Perkerasan	72
5.2.6 Desain Tebal Perkerasan Jalan	73
5.3 Perencanaan Perkerasan Kaku	75
5.3.1 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN).....	76
5.3.2 Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi	78
5.3.3 Penentuan Tebal Taksiran Perkerasan Kaku	79
5.3.4 Penentuan CBR Tanah Dasar Efektif	80
5.3.5 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton	80
5.3.6 Perhitungan Beban Rencana per Roda	81
5.3.7 Analisis Kerusakan Akibat Fatik pada Perkerasan Kaku	81
5.3.8 Analisis Kerusakan Akibat Erosi pada Perkerasan Kaku.....	84
5.3.9 Penentuan Tebal Perkerasan Kaku	86
5.3.10 Perhitungan Kebutuhan Batang pengikat dan Ruji.....	87

5.4 Analisis Biaya Konstruksi	88
5.4.1 Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur	88
5.4.2 Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku	94
5.5 Analisis Biaya Tahunan	99
5.5.1 Biaya Perawatan dan Rehabilitasi Perkerasan Lentur	99
5.5.2 Biaya Perawatan dan Rehabilitasi Perkerasan Kaku	106
5.6 Analisis Biaya Pengguna Jalan	111
5.6.1 Biaya Konsumsi Bahan Bakar	111
5.6.2 Biaya Konsumsi Oli	113
5.6.3 Biaya Konsumsi Suku Cadang	115
5.6.4 Biaya Upah Perbaikan Kendaraan	116
5.6.5 Biaya Konsumsi Ban	118
5.6.6 Biaya Operasi Kendaraan Total	119
5.7 Analisis Biaya Selama Siklus Hidup	123
5.8 Pembahasan	124
5.8.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	124
5.8.2 Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	125
5.8.3 Biaya Perawatan dan Rehabilitasi Jalan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	127
5.8.4 Biaya Pengguna Jalan	128
5.8.5 Biaya Selama Siklus Hidup	130
5.8.6 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	131
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	138
6.1 Kesimpulan	138
6.2 Saran	139
DAFTAR PUSTAKA	141
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Penelitian.....	14
Tabel 3.1	Perbandingan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku	20
Tabel 3.2	Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) %	23
Tabel 3.3	Faktor distribusi lajur (DL).....	24
Tabel 3.4	Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga.....	25
Tabel 3.5	Klasifikasi kendaraan dan nilai VDF standar	26
Tabel 3.6	Ketentuan pertimbangan pemilihan desain perkerasan	28
Tabel 3.7	Bagan Desain - 3. Desain perkerasan lentur opsi biaya minimum dengan CTB.....	29
Tabel 3.8	Bagan Desain - 3A. Desain perkerasan lentur dengan HRS.....	29
Tabel 3.9	Bagan Desain - 3B. Desain perkerasan lentur – aspal dengan lapis pondasi berbutir (sebagai alternatif bagan desain 3 dan 3A)	30
Tabel 3.10	Bagan Desain - 3C. Penyesuaian tebal lapis pondasi agregat A untuk tanah dasar $CBR \geq 7\%$ (hanya untuk bagan desain 3B)..	30
Tabel 3.11	Bagan Desain - 2: Desain pondasi jalan minimum.....	32
Tabel 3.12	Faktor keamanan beban (FKB).....	37
Tabel 3.13	Diameter ruji (Dowel).....	39
Tabel 3.14	Bagan Desain 4. Perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat.....	40
Tabel 3.15	Bagan Desain-4A. Perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas rendah.....	40
Tabel 3.16	Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan beton semen ...	42
Tabel 3.17	Alinyemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai medan jalan	47
Tabel 3.18	Berat kendaraan total yang direkomendasikan sesuai jenis kendaraan	48

Tabel 3.19	Nilai konstanta dan koefisien paramater model konsumsi BBM.....	49
Tabel 3.20	Nilai tipikal JPO_i , KPO_i , dan OHO_i	50
Tabel 3.21	Nilai RCI permukaan jalan	51
Tabel 3.22	Nilai tipikal ϕ , γ_1 dan γ_2	52
Tabel 3.23	Nilai tipikal a_0 , a_1	53
Tabel 3.24	Nilai tanjakan & turunan (TTR) dan derajat tikungan (DTR) sesuai kondisi medan	54
Tabel 3.25	Nilai tipikal χ , δ_1 , δ_2 , δ_3	55
Tabel 4.1	Data penelitian	58
Tabel 4.2	Biaya konstruksi	63
Tabel 4.3	Biaya perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur	63
Tabel 4.4	Biaya perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku	64
Tabel 4.5	Biaya Operasi Kendaraan (BOK)	64
Tabel 4.6	Biaya selama siklus hidup.....	65
Tabel 5.1	Data lalu lintas	68
Tabel 5.2	Lalu lintas harian rata-rata	69
Tabel 5.3	Rekapitulasi nilai VDF	71
Tabel 5.4	Kumulatif beban ESA_4 dan ESA_5	71
Tabel 5.5	Pertimbangan pemilihan jenis perkerasan	72
Tabel 5.6	Bagan Desain - 3B. Desain perkerasan lentur – aspal dengan lapis pondasi berbutir (sebagai alternatif bagan desain 3 dan 3A)	73
Tabel 5.7	Bagan Desain - 3C. Penyesuaian tebal lapis pondasi agregat A untuk tanah dasar $CBR \geq 7\%$ (hanya untuk bagan desain 3B)..	74
Tabel 5.8	Distribusi kelompok kendaraan niaga.....	77
Tabel 5.9	Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi.....	79
Tabel 5.10	Tebal taksiran pelat beton	79
Tabel 5.11	Perhitungan beban rencana per roda	81
Tabel 5.12	Perhitungan faktor rasio tegangan sesuai jenis sumbu kendaraan	82
Tabel 5.13	Repetisi beban ijin untuk fatik yang digunakan.....	83

Tabel 5.14	Perhitungan persen total kerusakan akibat fatik sesuai jenis sumbu.....	84
Tabel 5.15	Repetisi beban ijin untuk erosi yang digunakan	85
Tabel 5.16	Perhitungan persen total kerusakan akibat erosi sesuai jenis sumbu.....	86
Tabel 5.17	Rekapitulasi hasil analisis fatik dan erosi tebal perkerasan 270 mm	86
Tabel 5.18	Rekapitulasi kebutuhan batang pengikat (<i>tie bar</i>) dan ruji (<i>dowel</i>).....	88
Tabel 5.19	Komponen dan koefisien upah pekerja, material dan alat pada pekerjaan laston lapis aus AC-WC	89
Tabel 5.20	AHSP laston lapis aus AC-WC	90
Tabel 5.21	Total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan perkerasan lentur	91
Tabel 5.22	Rekapitulasi jumlah harga pekerjaan perkerasan lentur	93
Tabel 5.23	Komponen dan koefisien upah pekerja, material dan alat pada pekerjaan perkerasan beton semen	95
Tabel 5.24	AHSP perkerasan beton semen.....	96
Tabel 5.25	Total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan perkerasan kaku.....	97
Tabel 5.26	Rekapitulasi jumlah harga pekerjaan perkerasan kaku.....	98
Tabel 5.27	Periode rencana perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur ...	100
Tabel 5.28	Rencana perawatan dan rehabilitasi jalan pada perkerasan Lentur.....	100
Tabel 5.29	Volume perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur	102
Tabel 5.30	Rekapitulasi AHSP perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur	102
Tabel 5.31	Harga pekerjaan dari perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur	103
Tabel 5.32	Rekapitulasi biaya perawatan perkerasan lentur.....	104
Tabel 5.33	Rekapitulasi biaya rehabilitasi perkerasan lentur	104

Tabel 5.34	Biaya total perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan Lentur.....	105
Tabel 5.35	Periode rencana perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur ...	106
Tabel 5.36	Rencana perawatan dan rehabilitasi jalan pada perkerasan Kaku.....	107
Tabel 5.37	Volume perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku	108
Tabel 5.38	Rekapitulasi AHSP perawatan dan reabilitas perkerasan kaku.....	108
Tabel 5.39	Harga pekerjaan dari perawatan rehabilitasi perkerasan kaku.....	109
Tabel 5.40	Rekapitulasi biaya perawatan perkerasan kaku	109
Tabel 5.41	Rekapitulasi biaya rehabilitasi perkerasan kaku	110
Tabel 5.42	Biaya total perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan kaku	110
Tabel 5.43	Daftar item dan harga yang digunakan dalam perhitungan BOK.....	111
Tabel 5.44	Berat kendaraan total yang digunakan.....	112
Tabel 5.45	Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (BiBBM _j) untuk perkerasan lentur.....	113
Tabel 5.46	Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (BiBBM _j) untuk perkerasan kaku	113
Tabel 5.47	Rekapitulasi konsumsi oli untuk perkerasan lentur	114
Tabel 5.48	Rekapitulasi konsumsi oli untuk perkerasan kaku.....	114
Tabel 5.49	Rekapitulasi biaya konsumsi oli (BO _i) untuk perkerasan lentur	114
Tabel 5.50	Rekapitulasi biaya konsumsi oli (BO _i) untuk perkerasan kaku.....	115
Tabel 5.51	Perhitungan nilai relatif biaya suku cadang (P _i) untuk perkerasan lentur.....	115
Tabel 5.52	Perhitungan nilai relatif biaya suku cadang (P _i) untuk perkerasan kaku	116
Tabel 5.53	Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BP _i) untuk perkerasan lentur.....	116

Tabel 5.54	Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BP_i) untuk perkerasan kaku	116
Tabel 5.55	Perhitungan jumlah jam pemeliharaan (JP_i) untuk perkerasan lentur	117
Tabel 5.56	Perhitungan jumlah jam pemeliharaan (JP_i) untuk perkerasan kaku.....	117
Tabel 5.57	Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) untuk perkerasan lentur	117
Tabel 5.58	Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) untuk perkerasan kaku	118
Tabel 5.59	Perhitungan konsumsi ban (KB_i) untuk perkerasan lentur	118
Tabel 5.60	Perhitungan konsumsi ban (KB_i) untuk perkerasan kaku.....	118
Tabel 5.61	Rekapitulasi biaya konsumsi ban (BB_i) untuk perkerasan lentur	119
Tabel 5.62	Rekapitulasi biaya konsumsi ban (BB_i) untuk perkerasan kaku.....	119
Tabel 5.63	Rekapitulasi biaya operasional kendaraan per km untuk perkerasan lentur	119
Tabel 5.64	Rekapitulasi biaya operasional kendaraan per km untuk perkerasan kaku	120
Tabel 5.65	Biaya operasioanal kendaraan selama umur rencana untuk perkerasan lentur	121
Tabel 5.66	Biaya operasioanal kendaraan selama umur rencana untuk perkerasan kaku	122
Tabel 5.67	Biaya siklus selama siklus hidup perkerasan lentur.....	123
Tabel 5.68	Biaya siklus selama siklus hidup perkerasan kaku	124
Tabel 5.69	Perbandingan jumlah harga pekerjaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku	126
Tabel 5.70	Biaya perawatan jalan perkerasan lentur dan perkerasan kaku ..	128
Tabel 5.71	Biaya operasi kendaraan pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku.....	129

Tabel 5.72	Rekapitulasi biaya selama siklus hidup pada jalan perkerasan lentur	130
Tabel 5.73	Rekapitulasi biaya selama siklus hidup pada jalan perkerasan kaku.....	130
Tabel 5.74	Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang	134



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kondisi jalur evakuasi ruas jalan Balong-Plosokerep	3
Gambar 2.1	Perbandingan biaya pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur	10
Gambar 3.1	CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah	33
Gambar 3.2	Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton Semen.....	34
Gambar 3.3	Elemen biaya selama siklus hidup	44
Gambar 3.4	Grafik korelasi antara RCI dan IRI.....	51
Gambar 4.1	Lokasi penelitian.....	59
Gambar 4.2	Bagan alir perencanaan tebal perkerasan lentur	61
Gambar 4.3	Bagan alir perencanaan tebal perkerasan kaku	62
Gambar 4.4	Bagan alir penelitian	66
Gambar 5.1	Tebal lapis perkerasan lentur	75
Gambar 5.2	Tampak atas perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan	75
Gambar 5.3	Penentuan CBR tanah dasar efektif yang digunakan.....	80
Gambar 5.4	Contoh penentuan repetisi beban ijin akibat fatik jenis sumbu STRT	83
Gambar 5.5	Contoh penentuan repetisi beban ijin akibat erosi jenis sumbu STRT	85
Gambar 5.6	Tebal lapis perkerasan kaku.....	87
Gambar 5.7	Pekerjaan penyegelan sambungan pada perkerasan kaku.....	106

DAFTAR NOTASI

R	= Faktor pertumbuhan lalu lintas
i	= laju pertumbuhan lalu lintas per tahun (%)
UR	= Umur rencana (tahun)
ESA	= Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (<i>equivalent standard axle</i>)
LHR	= Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)
VDF	= Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 3.4 dan Tabel 3.5
DD	= Faktor distribusi arah.
DL	= Faktor distribusi lajur (Tabel 3.3)
CESA	= Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana
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
JSKN	= Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
JSKNH	= Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka
STRT	= Sumbu tunggal roda tunggal
STRG	= Sumbu tunggal roda ganda
STdRG	= Sumbu tandem roda ganda
STrRG	= Sumbu tridem roda ganda
At	= Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2).
b	= Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)
h	= Tebal pelat (m).
l	= Panjang batang pengikat (mm).
φ	= Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).
FRT	= Faktor Rasio Tegangan
TE	= Tegangan Ekivalen

$BiBBM_i$	= 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)
α	= 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
SA max	= Simpangan baku percepatan maksimum (m/s ²) (tipikal=0,75)
a_0, a_1	= Koefisien parameter (tipikal $a_0 = 5,140$; $a_1 = -8,264$)
V	= Volume lalu lintas (smp/jam)
C	= kapasitas jalan (smp/jam)
A_R	= percepatan rata-rata
BO_i	= Biaya konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (Rp./km)
KO_i	= Konsumsi oli untuk jenis kendaran i (liter/km)
HO_j	= Harga oli untuk jenis oli j (Rp/liter)
OHK_i	= Oli hilang akibat kontaminasi (liter/km)
OHO_i	= Oli hilang akibat operasi (liter/km)
KPO_i	= Kapasitas oli (liter)
JPO_i	= Jarak penggantian oli (km)
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
ϕ	= Konstanta
γ_1 dan γ_2	= Koefisien-koefisien parameter
IRI	= Kekasaran jalan (m/km)
KJT_i	= Kumulatif jarak tempuh kendaraan jenis i (km)
BU_i	= Biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km)

JP_i	= Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000km)
UTP	= Upah Tenaga Pemeliharaan (Rp/jam)
a_0, a_1	= konstanta
BB_i	= Biaya konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (Rp/km)
KB_i	= Konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (EBB/1000)
HB_j	= Harga ban baru jenis j (Rp/ban baru)
χ	= Konstanta
$\delta_1 \dots \delta_3$	= Koefisien parameter
TT_R	= Tanjakan + turunan rata-rata
DT_R	= Derajat tikungan rata-rata



ABSTRAK

Investasi pekerjaan jalan memerlukan biaya pembangunan awal yang besar, maka sudah semestinya untuk menghitung juga biaya perawatan dan rehabilitasi serta biaya pengguna jalan, yang dalam hal ini akan membentuk biaya selama siklus hidup. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur perkerasan lentur dan kaku, biaya selama siklus hidup 20 tahun perkerasan lentur dan kaku, dan mengetahui perkerasan mana yang layak untuk diaplikasikan pada Ruas jalan Balong-Plosokerep.

Penelitian ini menggunakan pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 untuk menghitung struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Perhitungan biaya selama siklus hidup selama 20 tahun dengan menjumlahkan biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi selama 20 tahun dan biaya pengguna jalan selama 20 tahun.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan untuk perkerasan lentur adalah AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-base 8 cm dan lapis pondasi agregat kelas A 21,5 cm, sedangkan untuk perkerasan kaku adalah beton 30 MPa 27 cm dan beton kurus 10 cm dengan jenis perkerasan kaku beton bersambung tanpa tulangan. Biaya selama siklus hidup pada perkerasan kaku memiliki total biaya yang lebih rendah yaitu Rp 25.513.071.863,78 dibanding dengan perkerasan lentur yaitu Rp 29.485.744.060,69. Biaya selama siklus hidup pada perkerasan kaku lebih hemat 13,47% dibandingkan perkerasan lentur. Jadi bisa disimpulkan bahwa perkerasan kaku lebih layak untuk diaplikasikan pada Ruas Jalan Balong-Plosokerep

Kata Kunci : Perkerasan Lentur, Perkerasan Kaku, Biaya Selama Siklus Hidup

ABSTRACK

Investment for road works requires a large initial construction cost, so it is appropriate to also calculate maintenance and rehabilitation costs, as well as road user costs, which in this case will form a life cycle cost. The purpose of this study was to determine the flexible and rigid pavement structure, the life cycle cost for 20 years of flexible and rigid pavements, and to determine which pavement is suitable for application on the Balong-Plosokerep Road.

This study uses the "Manual Desain Perkerasan Jalan 2017" to calculate flexible pavement structures and rigid pavement structures. Calculation of life cycle costs for 20 years by adding up construction costs, maintenance and rehabilitation costs for 20 years and road user costs for 20 years.

The results of this study indicate that flexible pavement is AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-base 8 cm and class A aggregate foundation layer 21.5 cm, while for rigid pavement is concrete 30 MPa 27 cm and lean concrete 10 cm with a type Jointed Unreinforced Concrete Panvement. The life cycle cost of rigid pavement has a lower total cost of Rp. 25,513,071,863.78 compared to Rp. 29,485,744,060.69 on flexible pavement. The life cycle cost of rigid pavement is 13.47% more efficient than flexible pavement. So it can be concluded that rigid pavement is more feasible to be applied to the Balong-Plosokerep Road

Keyword : Flexible Pavement, Rigid Pavement, Life Cycle Cost



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Infrastruktur berperan penting sebagai prasarana yang disediakan sedemikian rupa untuk pelayanan kebutuhan publik. Infrastruktur merupakan kebutuhan dasar fisik pengorganisasian sistem struktur yang diperlukan untuk jaminan ekonomi sebagai layanan dan fasilitas yang diperlukan agar perekonomian berfungsi dengan baik.

Salah satu infrastruktur yang berperan penting dalam menjalankan fungsi ekonomi dengan baik adalah di bidang transportasi, misalnya jalan raya. Jalan raya merupakan infrastruktur di bidang transportasi yang berfungsi sebagai prasarana yang mendukung mobilitas atau perpindahan masyarakat dari suatu tempat ke tempat lain. Jadi jalan raya bisa didefinisikan sebagai prasarana untuk penghubung antara suatu tempat ke tempat lain untuk kepentingan ekonomi, sosial dan lain-lain.

Menurut Badan Pusat Statistik Propinsi D.I. Yogyakarta dalam buku Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2018, Propinsi D.I. Yogyakarta memiliki jalan kabupaten/kota sepanjang 3.361,59 km. Dari panjang total tersebut 667,75 km berada di Kabupaten Kulonprogo, 624,47 km berada di Kabupaten Bantul, 1.136,66 km berada di Kabupaten Gunung Kidul, 699,50 km berada di Kabupaten Sleman, dan 233,31 km berada di Kota Yogyakarta.

Dari panjang total jalan kabupaten/kota di D.I. Yogyakarta, Kabupaten Sleman berada pada peringkat kedua yang memiliki jalan kabupaten/kota terpanjang. Kabupaten Sleman memiliki panjang jalan kabupaten/kota total 669,50 km. Menurut Data Kondisi Jalan Kabupaten 2019 yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman dari panjang total jalan kabupaten di Sleman 686,17 km menggunakan perkerasan lentur, 12,83 km menggunakan perkerasan kaku, 0,10 km menggunakan kerikil tanpa penutup, dan 0,40 km menggunakan tanah yang dipadatkan.

Di kabupaten Sleman tidak semua kondisi jalan pada kondisi baik. Menurut Data Kondisi Jalan Kabupaten 2019 yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman dari panjang total jalan kabupaten di Sleman 467,10 km berada pada kondisi baik, 148,95 berada pada kondisi sedang, 38,35 km berada pada kondisi rusak ringan, dan 45,10 km berada pada kondisi rusak berat.

Dari total panjang jalan Kabupaten Sleman yang masuk dalam kondisi rusak dan rusak berat banyak yang termasuk dalam jalur evakuasi bencana. Jalur evakuasi bencana adalah jalur yang diperuntukan untuk evakuasi ketika terjadi bencana, dalam hal ini adalah bencana gunung meletus. Masih aktifnya Gunung Merapi mengharuskan adanya jalur evakuasi bencana untuk mengantisipasi jika terjadinya bencana, sehingga kondisi jalur evakuasi seharusnya berada pada kondisi yang baik.

Salah satu ruas jalan di Kabupaten Sleman yang dalam kondisi rusak dan berada di jalur evakuasi adalah ruas jalan Balong-Plosokerep. Ruas jalan Balong-Plosokerep berada di Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan. Ruas jalan tersebut menghubungkan Dusun Balong dengan Dusun Plosokerep.

Ruas jalan ini memiliki panjang jalan 1,1 km dan lebar jalan 4 m dengan jenis perkerasan lentur. Kondisi ruas jalan tersebut rusak dengan lapis permukaan telah hilang dan lapis pondasi atas telah lepas. Hal ini mengakibatkan jalan tidak nyaman dilalui untuk kebutuhan sehari-hari dan cenderung tidak aman jika digunakan untuk jalur evakuasi. Kerusakan jalan tersebut diakibatkan oleh aktivitas tambang pasir yang meningkat pasca erupsi Gunung Merapi tahun 2010, sehingga mobilitas truk pasir meningkat.



Gambar 1.1 Kondisi jalur evakuasi ruas jalan Balong-Plosokerep

Seperti diketahui bahwa investasi pada pekerjaan jalan memerlukan biaya investasi untuk pembangunan awal yang besar, selain itu sudah semestinya biaya tidak diukur dari biaya pembangunan awal saja, tetapi juga biaya perawatan dan rehabilitasi serta biaya yang ditanggung oleh pengguna jalan. Perhitungan biaya total ini meliputi biaya pembangunan awal, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya yang ditanggung oleh pengguna jalan selama siklus hidup (*life cycle cost*).

Saat ini dikenal adanya perkerasan kaku berbahan beton. Di Indonesia sudah banyak jalan-jalan yang dibangun dengan perkerasan kaku. Biaya awal perkerasan kaku memang besar, tetapi banyak fakta menunjukkan bahwa biaya perawatannya selama siklus hidup lebih murah. Perbandingan biaya selama siklus hidup telah diteliti di India oleh Ashok, dkk (2017) yang menunjukkan bahwa biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih murah 5% daripada perkerasan lentur. Shafi, dkk (2016) menunjukkan penelitiannya bahwa di India biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih murah 20%-25% daripada perkerasan lentur. Rachmayati (2014) menunjukkan bahwa berdasarkan biaya siklus hidup yang telah dilakukan pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur di Jalan Pakkae – Batas Kota Pangkep, Sulawesi Selatan, terlihat bahwa meskipun perkerasan kaku mempunyai jumlah penanganan yang lebih sedikit dibanding perkerasan lentur dengan umur

rencana yang sama, namun perkerasan kaku tetap lebih mahal dari sisi biaya, sehingga penerapan perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun lebih hemat 27,99% dibandingkan dengan perkerasan kaku. Scheving (2011) menunjukkan bahwa berdasarkan biaya siklus hidup jalan di kota Reykjavík, Islandia hasilnya adalah ketika lalu lintas sekitar 14000 kend/hari/lajur, biaya yang dihasilkan untuk perkerasan kaku dan perkerasan lentur hampir sama, tetapi jika lalu lintas kurang dari 14000 kend/hari/lajur, maka akan lebih ekonomis jika menggunakan perkerasan lentur, begitu pula sebaliknya. Xu dan Zhang (2009) menunjukkan bahwa berdasarkan penelitian biaya siklus hidup yang dilakukan di Cina hasilnya bahwa *semi-rigid base perpetual asphalt pavement* memiliki biaya yang paling sedikit dibanding *flexible base perpetual asphalt pavement* yang biayanya lebih besar 0,232 juta yuan (Rp 489.924.271,37) /km.tahun dan *semi-rigid base asphalt pavement* yang biayanya lebih besar 0,861 juta yuan (Rp 1.818.210.334,69) /km.tahun.

Penelitian ini adalah membandingkan perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada ruas jalan Balong-Plosokerep melalui pendekatan biaya selama siklus hidup, sehingga penelitian ini akan menghasilkan mana yang lebih layak secara biaya dari perencanaan ruas jalan dengan menggunakan perkerasan lentur atau perkerasan kaku.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah sebagaimana yang dikemukakan di atas, maka peneliti menjabarkan masalah pokok sebagai berikut ini.

1. Bagaimana struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada ruas jalan Balong-Plosokerep?
2. Berapakah biaya selama siklus hidup yang meliputi biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya yang ditanggung pengguna jalan pada ruas jalan Balong-Plosokerep?
3. Bagaimana perbandingan biaya selama siklus hidup pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku, dan manakah yang lebih layak?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mendapatkan desain struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada ruas jalan Balong-Plosokerep.
2. Mengetahui biaya selama siklus hidup yang meliputi biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya yang ditanggung pengguna jalan pada ruas jalan Balong-Plosokerep.
3. Mengetahui perbandingan biaya selama siklus hidup pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku, serta mengetahui manakah yang lebih layak diaplikasikan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

1.4 Batasan Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian terlebih dahulu diberikan batasan-batasan dalam penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada jalur evakuasi pada ruas Jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta.
2. Analisis perkerasan lentur mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDPJ 2017) yang dikeluarkan Direktorat Jendral Bina Marga.
3. Analisis perkerasan kaku mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDPJ 2017) yang dikeluarkan Direktorat Jendral Bina Marga sebagai pelengkap dari Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003.
4. Biaya yang dianalisis adalah biaya selama siklus hidup yang meliputi biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya yang ditanggung pengguna jalan.
5. Analisis biaya perawatan dan rehabilitasi mengacu pada wawancara dengan Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman.
6. Analisis biaya pengguna jalan mengacu pada Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Pd T-15-2005-B.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain.

1. Bagi Konsultan Perencana

Diharapkan dapat memberi manfaat berupa pemahaman yang lebih baik, khususnya tentang pemilihan perkerasan jalan yang ditinjau dari analisis biaya selama siklus hidup.

2. Bagi Pemerintah

Diharapkan dapat menjadi referensi untuk pemerintah setempat dalam menerapkan perkerasan jalan yang ada pada ruas Jalan Balong-Plosokerep.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Kajian tentang biaya selama siklus hidup (*life cycle cost*) sudah banyak diteliti sebelumnya. Untuk memberikan gambaran peta penelitian tentang biaya selama siklus hidup (*life cycle cost*) pada bagian ini diuraikan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan adalah sebagai berikut.

2.1.1 Life Cycle Cost Analysis of Bituminous Pavements and Concrete Pavements in Urban

Ashok, Patil, dan Pataskar (2017) melakukan penelitian tentang perbandingan biaya perkerasan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang ada di jalan perkotaan di India dengan menghitung total biaya perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Penelitian ini menggunakan metode analisis biaya siklus hidup yang dapat membantu dalam proses pemilihan perkerasan dan membantu meningkatkan sistem perkerasan. Analisis biaya siklus hidup memperhitungkan biaya investasi awal dan juga biaya pemeliharaan atau rehabilitasi yang diperlukan selama umur rencana. Analisis biaya siklus hidup dapat didefinisikan sebagai prosedur untuk memilih alternatif desain perkerasan, yang akan memberikan tingkat layanan yang memuaskan dengan biaya terendah selama umur rencana. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahawa perkerasan kaku lebih menguntungkan 5% dari segi biaya dari pada perkerasan lentur.

2.1.2 Life Cycle Cost Analysis of Road Pavements in Rural Areas

Shafi, Shakeel, dan Pai (2016) melakukan penelitian tentang perbandingan biaya antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur pada jalan pada area pedesaan yang ada di India. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan biaya perkerasan kaku dan perkerasan lentur untuk memperoleh perkerasan yang paling efisien dari aspek ekonomi. Metode dari penelitian ini menggunakan

analisis biaya siklus hidup. Penelitian ini membandingkan biaya kedua perkerasan tersebut dalam 1 km². Hasil dari penelitian ini yaitu :

1. Pada biaya awal perkerasan kaku 28% lebih tinggi dari biaya awal perkerasan lentur. Dengan demikian, perkerasan kaku merupakan biaya tinggi pada awal tetapi biaya ini menjadi seimbang selama masa pakainya karena memiliki daya tahan yang lama.
2. Melalui biaya siklus hidup ditemukan bahwa biaya pemeliharaan perkerasan kaku 19% lebih sedikit dibandingkan dengan perkerasan lentur. Jadi, jika biaya awal perkerasan kaku tinggi, biaya pemeliharaan sangat rendah dengan rentang hidup yang panjang. Biaya pemeliharaan perkerasan kaku 5,3 lakh (Rp 107.376.846,41) lebih sedikit dari perkerasan lentur. Bahkan perkerasan kaku yang dicampur fly ash memiliki biaya pemeliharaan 7,1 lakh (Rp 143.844.454,63) lebih sedikit dibandingkan dengan perkerasan lentur.
3. Studi ini juga memberikan informasi bahwa biaya awal perkerasan kaku adalah 6 lakh (Rp 121.558.698,05) per km tanpa menggunakan Fly ash dan 4,25 lakh (Rp 86.104.074,96) menggunakan Fly Ash. Jadi, jika Fly Ash 30% digunakan sebagai pengganti semen dan biaya siklus hidup diterapkan, hasilnya menunjukkan pengurangan hampir 1,75 lakh (Rp 35.454.619,10) dalam biaya perkerasan.
4. Jadi dari keseluruhan penelitian dapat disimpulkan bahwa biaya siklus hidup perkerasan kaku adalah 20% - 25% lebih sedikit dari perkerasan lentur.

2.1.3 Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur

Rachmayati (2014) melakukan penelitian tentang perbandingan biaya siklus hidup perkerasan kaku dan lentur pada Jalan Pakkae – Batas Kota Pangkep, Sulawesi Selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis biaya siklus hidup dari perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Metode penelitian ini adalah dengan menggunakan analisis biaya siklus hidup. Pada penelitian ini dibuat 3 jenis alternatif skenario perkerasan yaitu: perkerasan kaku dengan umur rencana 25 tahun, perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun, dan perkerasan lentur dengan umur rencana 10 tahun. Pada setiap jenis perkerasan tersebut dibuat

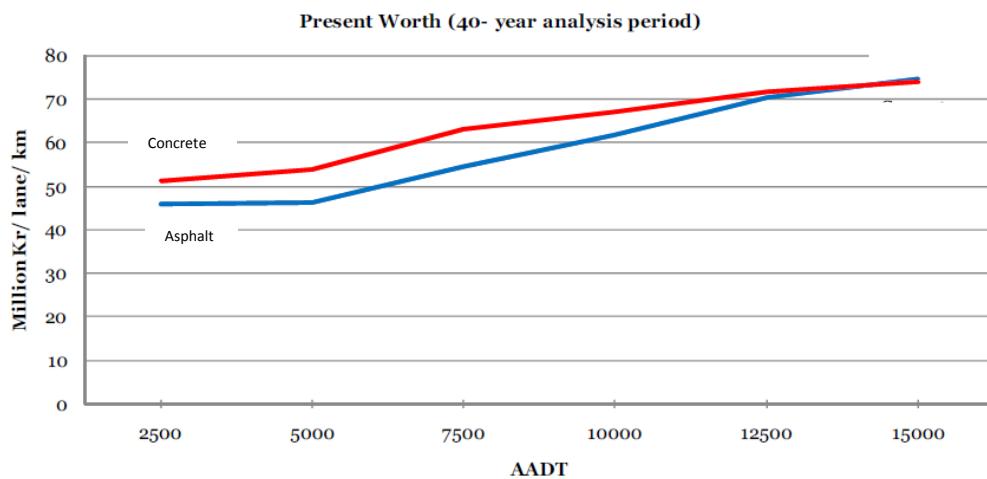
skenario penanganan sedemikian hingga perkerasan tersebut tetap mampu melayani kebutuhan lalu lintas selama 25 tahun masa analisis, dengan indikator nilai *International Roughness Index* (IRI) yang diprediksi melalui persamaan empiris. Hasil dari penelitian ini yaitu :

1. Total biaya pada perkerasan kaku dengan umur rencana 25 tahun adalah Rp 285.549.210.000,00; total biaya pada perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun adalah Rp 205.625.330.000,00; sedangkan total biaya perkerasan lentur dengan umur rencana 10 tahun adalah Rp 268.118.580.000,00.
2. Berdasarkan *total life cycle cost* (*agency cost* dan *user cost*) dan pembebanan lalu lintas didapatkan bahwa perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun merupakan alternatif terbaik untuk diaplikasikan, karena mempunyai total biaya terendah dan mampu menahan beban lalu lintas sesuai rencana.
3. Berdasarkan *agency cost* perkerasan lentur dengan umur rencana 10 tahun mempunyai *total agency cost* paling rendah selama 25 tahun analisis. Sedangkan, jika dilihat dari pendekatan *user cost* perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun mempunyai total *user cost* paling rendah. *Total cost* terendah belum tentu menunjukkan *total cost* yang terbaik.
4. Berdasarkan *life cycle cost analysis* yang telah dilakukan pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur, terlihat bahwa meskipun perkerasan kaku mempunyai jumlah penanganan yang lebih sedikit dibanding perkerasan lentur dengan umur rencana yang sama, namun perkerasan kaku tetap lebih mahal 27,99% dibanding perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun dan lebih mahal 6,10% dibanding perkerasan lentur dengan umur rencana 10 tahun dari sisi biaya. Hal ini disebabkan oleh biaya pembangunan serta penanganan perkerasan kaku lebih mahal dibanding perkerasan lentur

2.1.4 Life Cycle Cost Analysis of Asphalt and Concrete Pavements

Scheving (2011) melakukan penelitian tentang perbandingan biaya siklus hidup perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada jalan yang ada di kota Reykjavík, Islandia. Tujuan dari penelitian ini untuk menjelaskan analisis biaya siklus hidup untuk perkerasan jalan. Metode dari penelitian ini adalah dengan menggunakan analisis biaya siklus hidup. Analisis biaya siklus hidup diuji untuk

enam kelompok LHR yaitu 2.500, 5.000, 7.500, 10.000, 12.500, dan 15.000 kend/hari/jalur, dengan setiap kelompok lalu lintas diuji menggunakan perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Periode analisis ini adalah selama umur rencana yaitu 40 tahun. Hasil dari penelitian ini adalah jika LHR 2.500 kend/hari maka perkerasan lentur akan lebih hemat 9,96% dibanding perkerasan kaku, sedangkan jika LHR 15.000 kend/hari maka perkerasan kaku akan lebih hemat 0,80% dibanding dengan perkerasan lentur. Sehingga ketika LHR 14.000 kend/hari, biaya yang dihasilkan untuk perkerasan kaku dan perkerasan lentur hampir sama, tetapi jika LHR lebih dari 14.000 kend/hari, maka akan lebih ekonomis jika menggunakan perkerasan kaku, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Perbandingan biaya pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur
(sumber : Scheving, 2011)

2.1.5 Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode *Annual Worth*

Kartadipura (2011) melakukan penelitian tentang perbandingan biaya perkerasan kaku dan perkerasan lentur pada Jalan Tanjung-Mabu'un-Batu Babi yang berlokasi di daerah Tanjung, Kalimantan Selatan. Tujuan dari penelitian ini untuk membandingkan biaya perkerasan kaku dan perkerasan lentur ditinjau dari sudut pandang umur rencananya. Umur rencana dalam penelitian ini adalah 20 tahun. Metode dari penelitian ini adalah analisis perbandingan menggunakan

annual worth. Pada metode ini, semua aliran kas yang terjadi selama horison perencanaan dikonversikan ke dalam deret seragam dengan tingkat bunga sebesar MAAR (*Minimum Acceptable Rate of Return*). Hasil dari penelitian ini adalah perbandingan biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur ditinjau dari umur rencana. Berdasarkan Annual Worth bila ditinjau dari umur rencana, Perkerasan Kaku lebih ekonomis bila dibandingkan dengan Perkerasan Lentur. Pada perkerasan kaku didapatkan biaya sebesar Rp. 142.232,00/m², sedangkan pada perkerasan lentur didapat biaya yang lebih besar yaitu Rp.184.471,00/m². Perkerasan kaku lebih ekonomis karena mempunyai ongkos yang lebih kecil 29,70%.

2.1.6 Life Cycle Costs Analysis of Perpetual Asphalt

Xu dan Zhang (2009) melakukan penelitian tentang analisis biaya siklus hidup dari *Perpetual Pavement* yang ada di Cina. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis biaya siklus hidup pada tiga jenis perkerasan jalan yang banyak digunakan di Cina. Tiga jenis perkerasan jalan tersebut adalah *flexible base perpetual asphalt pavement* (struktur A), *semi-rigid base perpetual asphalt pavement* (struktur B) dan *semi-rigid base asphalt pavement* (struktur C). Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis biaya siklus hidup dengan periode penelitian 50 tahun. Biaya siklus hidup mencakup biaya manajemen perkerasan (*pavement management cost*) dan biaya pengguna (*user cost*). Biaya manajemen perkerasan didalamnya termasuk biaya desain, biaya konstruksi pada tahap awal, biaya pemeliharaan rutin, dan biaya rehabilitasi, sedangkan biaya pengguna di dalamnya termasuk biaya pengoperasian kendaraan, biaya keterlambatan perjalanan, dan biaya kecelakaan lalu lintas. Hasil dari penelitian ini adalah struktur B memiliki nilai *present value* paling kecil dalam biaya siklus hidup dan ditetapkan sebagai patokan. Biaya Struktur A memiliki 0,232 juta yuan (Rp 489.924.271,37) /km.tahun lebih banyak daripada Struktur B, sedangkan biaya Struktur C memiliki 0,861 juta yuan (Rp 1.818.210.334,69) /km.tahun. lebih banyak dari pada Struktur B. Sehingga struktur B lebih hemat 27,74% dibanding Struktur A dan Struktur B lebih hemat 50,77% dibanding Struktur C.

Kesimpulannya *semi-rigid base perpetual asphalt pavement* (struktur B) pavement merupakan perkerasan yang memiliki biaya siklus hidup terendah dibandingkan dua perkerasan lainnya.

2.1.7 Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur

Waluyo, Nuswantoro, dan Lendra (2008) melakukan penelitian tentang perbandingan biaya konstruksi perkerasan kaku dan perkerasan lentur pada Jalan Adonis Samad yang berlokasi di kota Palangka Raya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan biaya konstruksi dari perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Metode dari penelitian ini menggunakan Analisis Volume Konstruksi, Analisis Harga Satuan Konstruksi, Analisis Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku (*rigid pavement*), Analisis Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur (*flexible pavement*), dan Analisis perbandingan biaya konstruksi perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Hasil dari penelitian ini yaitu :

1. Biaya konstruksi perkerasan kaku Rp 5.310.421.058,00
2. Biaya konstruksi perkerasan lentur Rp 4.028.077.446,00
3. Dari perbandingan biaya konstruksi antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur menunjukkan bahwa perkerasan lentur dapat menghemat biaya sebesar 24,15 %.

2.1.8 Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan

Muthaher (2017) melakukan penelitian tentang penerapan metode analisa manfaat biaya pada penilaian kelayakan pembangunan jalan pada Ruas Jalan Balong-Plosokerep di Kabupaten Sleman. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kelayakan ekonomi pada pembangunan ruas Jalan Balong-Plosokerep. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode *Benefit Cost Ratio* yaitu dengan membandingkan manfaat dan biaya dari pembangunan jalan tersebut. Hasil dari penelitian ini yaitu :

1. Tebal perkerasan jalan kaku pada ruas jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta berdasarkan Pd

T-14-2003 adalah setebal 200 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.

2. Biaya konstruksi perkerasan kaku yang diperoleh adalah sebesar Rp5.509.936.260. Sedangkan biaya siklus hidup selama umur rencana 40 tahun, dengan strategi perawatan sambungan perkerasan berkala tiap 5 tahun, diperoleh sebesar Rp5.839.669.9932.
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 itu diperoleh total penghematan biaya operasi kendaraan selama umur rencana 40 tahun sebesar Rp3.761.807.648.
4. Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi dengan metode manfaat biaya maka diperoleh nilai B/C-R sebesar 0,644. Artinya ruas jalan dengan perkerasan kaku tersebut tidak memenuhi indikator kelayakan nilai B/C-R yakni diatas 1,0

2.2 Perbedaan Penelitian

Dari penelitian-penelitian di atas hampir semua menggunakan biaya siklus hidup untuk membandingkan perkerasan mana yang lebih efisien untuk diaplikasikan. Perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu adalah lokasi dan waktu penelitian. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan biaya siklus hidup untuk menentukan perkerasan mana yang lebih efisien. Perbedaaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian

No.	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
1	Ashok, Patil, dan Pataskar (2017)	<i>Life Cycle Cost Analysis of Bituminous Pavements and Concrete Pavements in Urban</i>	Untuk menghitung total biaya perkerasan lentur dan perkerasan kaku di jalan yang ada di India.	Metode penelitian menggunakan analisis biaya siklus hidup dengan hasil perkerasan kaku lebih menguntungkan 5% dari segi biaya dari pada perkerasan lentur.
2	Shafi, Shakeel, dan Pai (2016)	<i>Life Cycle Cost Analysis of Road Pavements in Rural Areas</i>	Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan biaya perkerasan kaku dan perkerasan lentur untuk memperoleh perkerasan yang paling efisien dari aspek ekonomi pada jalan area pedesaan yang ada di India.	Metode penelitian menggunakan analisis biaya siklus hidup dengan hasil biaya siklus hidup perkerasan kaku adalah 20% - 25% lebih sedikit dari perkerasan lentur.
3	Rachmayati (2014)	Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis biaya siklus hidup dari perkerasan kaku dan perkerasan lentur pada Jalan Jalan Pakkae – Batas Kota Pangkep, Sulawesi Selatan.	Metode penelitian ini menggunakan analisis biaya siklus hidup dengan hasil perkerasan lentur dengan umur rencana 25 tahun merupakan alternatif terbaik untuk diterapkan pada daerah studi, karena mempunyai total biaya lebih kecil 27,99% dibandingkan dengan perkerasan kaku.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan penelitian

No.	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
4	Scheving (2011)	<i>Life Cycle Cost Analysis of Asphalt and Concrete Pavements</i>	Tujuan dari penelitian ini untuk menjelaskan analisis biaya siklus hidup untuk perkerasan jalan dan mengevaluasi terhadap dampak dari pemilihan perkerasan jalan tersebut pada jalan yang ada di kota Reykjavík, Islandia.	Metode penelitian ini menggunakan analisis biaya siklus hidup dengan hasil ketika lalu lintas sekitar 14000 kend/hari/lajur, biaya yang dihasilkan untuk perkerasan kaku dan perkerasan lentur hampir sama, tetapi jika lalu lintas kurang dari 14000 kend/hari/lajur, maka akan lebih ekonomis jika menggunakan perkerasan lentur.
5	Kartadipura (2011)	Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode <i>Annual Worth</i>	Tujuan dari penelitian ini untuk membandingkan biaya perkerasan kaku dan perkerasan lentur ditinjau dari sudut pandang umur rencananya pada Jalan Tanjung-Mabu'un-Batu Babi yang berlokasi di daerah Tanjung, Kalimantan Selatan.	Metode dari penelitian ini adalah analisis perbandingan menggunakan <i>annual worth</i> dengan hasil Pada perkerasan kaku didapatkan biaya sebesar Rp. 142.232/m ² , sedangkan pada perkerasan lentur didapat biaya yang lebih kecil yaitu Rp.184.471,-/m ² . Perkerasan kaku lebih ekonomis karena mempunyai ongkos yang lebih hemat 29,70%

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan penelitian

6	Xu dan Zhang (2009)	<i>Life Cycle Costs Analysis of Perpetual Asphalt</i>	Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis biaya siklus hidup pada tiga jenis perkerasan jalan yang banyak digunakan di Cina. Tiga jenis perkerasan jalan tersebut adalah <i>flexible base perpetual asphalt pavement</i> , <i>semi-rigid base perpetual asphalt pavement</i> dan <i>semi-rigid base asphalt pavement</i> .	Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis biaya siklus hidup dengan periode penelitian 50 tahun dengan hasil <i>semi-rigid base perpetual asphalt pavement</i> (struktur B) pavement merupakan perkerasan yang memiliki biaya siklus hidup terendah dibandingkan dua perkerasa lainnya. Struktur B lebih hemat 27,74% dibanding Struktur A dan Struktur B lebih hemat 50,77% dibanding Struktur C.
7	Waluyo, Nuswantoro, dan Lendra (2008)	Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan biaya konstruksi dari perkerasan kaku dan perkerasan lentur.	Metode dari penelitian ini menggunakan Analisis Volume Konstruksi, Analisis Harga Satuan Konstruksi, Analisis Biaya Konstruksi, dan Analisis perbandingan biaya konstruksi perkerasan kaku dan perkerasan lentur dengan hasil perbandingan biaya konstruksi antara perkerasan kaku Rp 5.310.421.058 dengan perkerasan lentur Rp 4.028.077.446 menunjukkan bahwa perkerasan lentur dapat menghemat biaya sebesar 24,15 %.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan penelitian

8	Muthaher (2017)	Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan	Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kelayakan ekonomi pada pembangunan ruas Jalan Balong- Plosokerep.	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode <i>Benefit Cost Ratio</i> dengan hasil diperoleh nilai B/C-R sebesar 0,644. Artinya ruas jalan dengan perkerasan kaku tersebut tidak memenuhi indikator kelayakan nilai B/C-R yakni diatas 1,0
---	--------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Menurut Hardwiyono (2013) “Perkerasan jalan sebagai struktur jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang terletak di atas tanah dasar. Tanah dasar tersebut umumnya masih alami dan tidak mampu menahan beban berulang-ulang dari kendaraan, sehingga tanah dasar tersebut cenderung akan mengalami deformasi atau perubahan yang besar. Maka dari itu untuk dapat menyebarkan beban pada tanah dasar supaya tidak terpusat pada satu titik perlu diberi suatu struktur atau lapisan perkerasan. Perkerasan yang dibuat untuk konstruksi jalan disebut perkerasan jalan. Hal tersebut dimaksudkan untuk membedakan dengan perkerasan yang dibuat untuk tujuan lain seperti bandar udara, parkir, dan terminal”.

Menurut Hardwiyono (2013) perkerasan jalan pada umumnya terdiri dari beberapa lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas sebagai berikut.

1. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)
2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
3. Lapisan pondasi atas (*base course*)
4. Lapisan permukaan/penutup (*surface course*)

3.2 Jenis-Jenis Perkerasan Jalan

Menurut Hardwiyono (2013) pada umumnya perkerasan jalan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis sebagai berikut.

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)
3. Perkerasan komposit (kombinasi dari perkerasan lentur dan perkerasan kaku)

3.2.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Menurut Pedoman Konstruksi Bangunan Desain Perkerasan Jalan Lentur (2011) “perkerasan lentur adalah struktur perkerasan jalan yang dapat dibuat

dengan menggunakan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan bahan pengikat aspal”.

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 bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar”.

3.2.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Asiyanto (2010) menjelaskan “perkerasan kaku adalah lapisan beton, dimana lapisan tersebut berfungsi sebagai base course sekaligus surface course. Perkerasan kaku ini menurut Asiyanto (2010) mempunyai kekuatan (modulus elastisitas) yang cukup tinggi, yaitu lebih besar dari 200.000 kg/cm^2 , yang bentuk fisiknya berupa pelat beton dengan mutu tinggi”.

Menurut Hadiwiyono (2013) “perkerasan yang memiliki kekuatan cukup tinggi itu akan mendistribusikan beban ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas dan lapis permukaan”.

Sementara itu menurut Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (2003) “konstruksi perkerasan kaku tersebut umumnya terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan lapis beton semen dengan atau tanpa tulangan”.

3.2.3 Perkerasan Komposit

Hadiwiyono (2013) “menjelaskan perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku dan lapisan perkerasan lentur di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas”.

3.3 Perbandingan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

Hardiyatmo (2015) melakukan perbandingan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Perbandingan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Komponen perkerasan terdiri dari lapis aus, lapis pondasi (<i>base</i>), dan pondasi bawah (<i>subbase</i>).	Komponen perkerasan terdiri dari plat beton yang terletak pada tanah atau lapisan material granuler pondasi bawah (<i>subbase</i>).
2	Digunakan untuk semua kelas jalan dan tingkat volume lalu lintas.	Kebanyakan digunakan pada jalan kelas tinggi.
3	Pengontrolan kualitas campuran lebih rumit.	Pencampuran adukan beton mudah dikontrol.
4	Umur rencana relatif pendek dibanding perkerasan kaku yaitu 20 tahun.	Umur rencana bisa mencapai 40 tahun.
5	Kurang tahan terhadap drainase buruk.	Lebih tahan terhadap drainase buruk.
6	Biaya awal pembangunan lebih rendah.	Biaya awal pembangunan lebih besar.
7	Biaya pemeliharaan lebih besar.	Biaya pemeliharaan lebih kecil.
8	Kekuatan perkerasan ditentukan oleh kerjasama setiap komponen lapisan perkerasan.	Kekuatan perkerasan lebih ditentukan oleh kekuatan plat beton.
9	Tebal perkerasan adalah seluruh lapisan pembentuk perkerasan di atas tanah dasar (<i>subgrade</i>)	Tebal struktur perkerasan adalah tebal pelat betonnya.

sumber : Hardiyatmo, 2015

Menurut Haryanto dan Utomo (2012) “pertimbangan pemilihan perkerasan jalan melibatkan sejumlah faktor, antara lain faktor teknis, pendanaan kenyamanan dan keamanan berkendara bahkan seringkali harus mempertimbangkan aspek politis. Jika dilihat dari tanah dasarnya secara teknis perkerasan lentur dapat diterapkan pada tanah dasar yang sudah keras, sedangkan

jika tanah dasarnya berdaya dukung rendah maka dapat diterapkan perkerasan kaku. Namun untuk kenyamanan perkerasan lentur cenderung lebih nyaman untuk dilewati dari pada perkerasan kaku. Dilihat dari pembiayaan terdapat nilai tambah dan nilai kurang dari tipe perkerasan jalan tersebut. Perkerasan lentur membutuhkan perawatan rutin dan berkala untuk mempertahankan kinerjanya tetapi biaya pembangunannya kecil, sedangkan perkerasan kaku cenderung dianggap tidak membutuhkan perawatan rutin dan berkala tetapi biaya pembangunannya besar”.

3.4 Perencanaan Perkerasan Lentur

Dalam perencanaan perkerasan lentur menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDPJ 2017) yang dikeluarkan Direktorat Jendral Bina Marga. Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 merupakan pelengkap dari Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B. Metode perencanaan perkerasan lentur didasarkan pada :

1. Perkiraan lalu-lintas dan komposisinya selama umur rencana.
2. Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR
3. Kekuatan lentur yang digunakan
4. Jenis perkerasan

Berikut akan dijelaskan persyaratan teknis dalam perencanaan perkerasan lentur.

3.4.1 Umur Rencana

Dalam perencanaan perkerasan lentur perlu ditentukan umur rencana karena ini berkaitan dengan nilai ekonomi jalan yang bersangkutan dan kinerja perkerasan harus maksimum selama periode yang ditentukan. Menurut Hardiyatmo (2015) “umur rencangan adalah waktu dimana perkerasan diharapkan mempunyai kemampuan pelayanan sebelum dilakukan pekerjaan rehabilitasi atau kemampuan pelayanan berakhir. Umur perkerasan jalan ditetapkan pada umumnya berdasarkan jumlah kumulatif lintas kendaraan standard (CESA, *Cumulative Equivalent Standard Axle*)”.

3.4.2 Lalu Lintas

Lalu lintas merupakan elemen penting dalam perencanaan jalan, karena kapasitas dan konstruksi struktur perkerasan jalan yang direncanakan tergantung pada lalu lintas yang akan melewati jalan yang direncanakan tersebut. Data lalu lintas didapat dari survei lalu lintas yang bisa dilakukan dengan cara manual (dengan menggunakan tenaga surveyor) maupun cara mekanik/elektronik (dengan bantuan peralatan mekanik ataupun elektronik).

1. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu (hari, jam, atau menit). Volume lalu lintas dapat berupa Volume Lalu lintas 30 Harian Rata-Rata (LHR) yaitu volume lalu lintas yang didapat dari nilai rata-rata kendaraan selama beberapa hari pengamatan dan Lalu lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT). Lalu lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) yaitu volume lalu lintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama setahun penuh.

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

2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Kebijakan dalam penentuan faktor pertumbuhan lalu lintas harus didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid. Bila data histori pertumbuhan lalu lintas tidak lengkap atau tidak tersedia Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 menyediakan tabel faktor pertumbuhan lalu lintas minimum (untuk tahun 2015 hingga 2035) pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) %

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

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

Untuk menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dapat menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan :

- R = Faktor pertumbuhan lalu lintas
- i = laju pertumbuhan lalu lintas per tahun (%)
- UR = Umur rencana (tahun)

3.4.3 Faktor Lajur

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) “lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada suatu arah tertentu”. Faktor distribusi lajur ditunjukkan pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Faktor distribusi lajur (DL)

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

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

3.4.4 Perkiraan Faktor Ekvivalen Beban (*Vehicle Damage Faktor*)

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017), “beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekvivalen Beban (*Vehicle Damage Faktor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Survei beban gandar harus dilakukan apabila memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat”. Namun jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5 dapat digunakan untuk menghitung ESA.

Tabel 3.4 Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga

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

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

Tabel 3.5 Klasifikasi kendaraan dan nilai VDF standar

Jenis kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan-muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi Tipikal		Faktor ekivalen beban (VDF) (ESAL/kendaraan)		
Klasifikasi lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF pangkat 4	VDF pangkat 5	
1	1	Sepeda motor	1.1		2	30,4				
2,3,4	2,3,4	Sedan/angkot/pickup/station wagon	1.1		2	51,7	74,3			
Kendaraan Niaga	5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
	5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,2	1,0	1,0
	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	Muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
	6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
	6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	Muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
	6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
	6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	Muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
	6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
	7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	Muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
	7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	Tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
	7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
	7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	90,4
	7c1	11	Truk 4 sumbu – trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
	7c2.1	12	Truk 5 sumbu – trailer	1.2-22		5	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu – trailer	1.2-222		5	30,3			69,7	
7c3	14	Truk 6 sumbu – trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7	

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

3.4.5 Beban Lalu Lintas

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) “beban lalu lintas merupakan beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara roda kendaraan dengan lapis permukaan perkerasan jalan secara dinamis dan berulang selama masa pelayanan jalan. Beban kendaraan yang dilimpahkan melalui roda kendaraan yang terjadi berulang selama masa pelayanan sebagai akibat repetisi kendaraan yang melintasi jalan tersebut. Beban lalu lintas ini akan berpengaruh pada hasil perencanaan konstruksi struktur perkerasan jalan dan kekokohan struktur pelayanan jalan selama masa pelayanan”.

“Pada perencanaan perkerasan lentur beban lalu lintas akan dihitung beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA). Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana”, pada Persamaan 3.2 berikut.

$$ESA = (\sum \text{jenis kendaraan LHR} \times \text{VDF}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan :

- ESA = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*)
- LHR = Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)
- VDF = Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 3.4 dan Tabel 3.5
- DD = Faktor distribusi arah.
- DL = Faktor distribusi lajur (Tabel 3.3)
- CESA = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana
- R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

3.4.6 Desain Struktur Perkerasan Lentur

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) “Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana dan kondisi pondasi jalan. Batasan pada Tabel 3.6 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan

biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah dan dengan melihat nilai CESA₄ yang dihasilkan”.

Tabel 3.6 Ketentuan pertimbangan pemilihan desain perkerasan

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

Catatan :

Tingkat kesulitan :

1 - kontraktor kecil - medium;

2 - kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;

3 - membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus -kontraktor spesialis Burtu / Burda.

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

Setelah menentukan jenis perkerasan maka selanjutnya dapat menentukan tebal perkerasan sesuai ketentuan dengan menggunakan nilai CESA₅. Untuk

menentukan tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.7, Tabel 3.8 dan Tabel 3.9. Pada Tabel 3.10 tebal lapisan pondasi agregat kelas A dapat disesuaikan dengan nilai CBR.

Tabel 3.7 Bagan Desain - 3. Desain perkerasan lentur opsi biaya minimum dengan CTB

	F1	F2	F3	F4	F5
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA ₅)	>10 - 30	>30 - 50	>50 - 100	>100 - 200	>200 - 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

Tabel 3.8 Bagan Desain - 3A. Desain perkerasan lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA ₅)	FF1 < 0,5	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
Jenis permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal Lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10%	150	125

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

Tabel 3.9 Bagan Desain - 3B. Desain perkerasan lentur – aspal dengan lapis pondasi berbutir (sebagai alternatif bagan desain 3 dan 3A)

	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA ₅)	<2	≥2-4	>4-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100	>100-200
	Tebal Lapis Perkerasan								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

Tabel 3.10 Bagan Desain - 3C. Penyesuaian tebal lapis pondasi agregat A untuk tanah dasar CBR ≥ 7 % (hanya untuk bagan desain 3B)

	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA ₅)	<2	≥2-4	>4-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100	>100-200
	Tebal LFA A (Penyesuaian Terhadap Bagan Desain 3B)								
Subgrade CBR ≥ 5,5-7	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7-10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

3.4.7 Desain Pondasi

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) “desain pondasi jalan adalah desain perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (capping), micro pilling (cerucuk), drainase vertical, pra-pembebanan dan berbagai penanganan lain yang diperlukan untuk membentuk perletakan pendukung struktur perkerasan lentur, baik untuk kondisi tanah biasa maupun tanah lainnya yang lazim ditemui di Indonesia”.

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) “Tiga faktor penting di dalam desain perkerasan adalah lalu lintas, tanah dasar dan pengaruh air. Selain itu, pada kasus perkerasan yang harus dibangun di kawasan dengan tanah bermasalah seperti gambut dan tanah lunak, karakteristik tanah bersangkutan merupakan faktor yang sangat penting karena analisis tanah dasar biasa tidak dapat menghasilkan perkerasan dengan kinerja yang diharapkan. Umur rencana pondasi jalan untuk semua perkerasan baru maupun pelebaran digunakan minimum 40 tahun karena”:

1. “Pondasi jalan tidak dapat ditingkatkan selama umur pelayanannya kecuali dengan cara rekonstruksi menyeluruh”.
2. “Perkerasan lentur dengan desain fondasi di bawah standar mungkin memerlukan perkuatan dengan lapisan aspal tambahan berulang kali selama masa pelayanannya sehingga biaya total perkerasan menjadi lebih mahal dibandingkan dengan perkerasan yang didesain dengan baik”.
3. “Perkerasan kaku di atas tanah lunak dengan desain fondasi di bawah standar cenderung mengalami keretakan dini yang dalam kasus terburuk mungkin memerlukan penggantian pelat beton”.

Tabel 3.11 menunjukkan tebal minimum lapis penopang untuk mencapai CBR desain 6% yang digunakan untuk pengembangan Katalog Desain tebal perkerasan. Apabila lapis penopang akan digunakan untuk kendaraan konstruksi mungkin diperlukan lapis penopang yang lebih tebal.

Tabel 3.11 Bagan Desain - 2: Desain pondasi jalan minimum

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

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

3.5 Perencanaan Perkerasan Kaku

Dalam perencanaan perkerasan kaku menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDPJ 2017) yang dikeluarkan Direktorat Jendral Bina Marga. Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 merupakan pelengkap dari Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003. Metode perencanaan perkerasan kaku didasarkan pada :

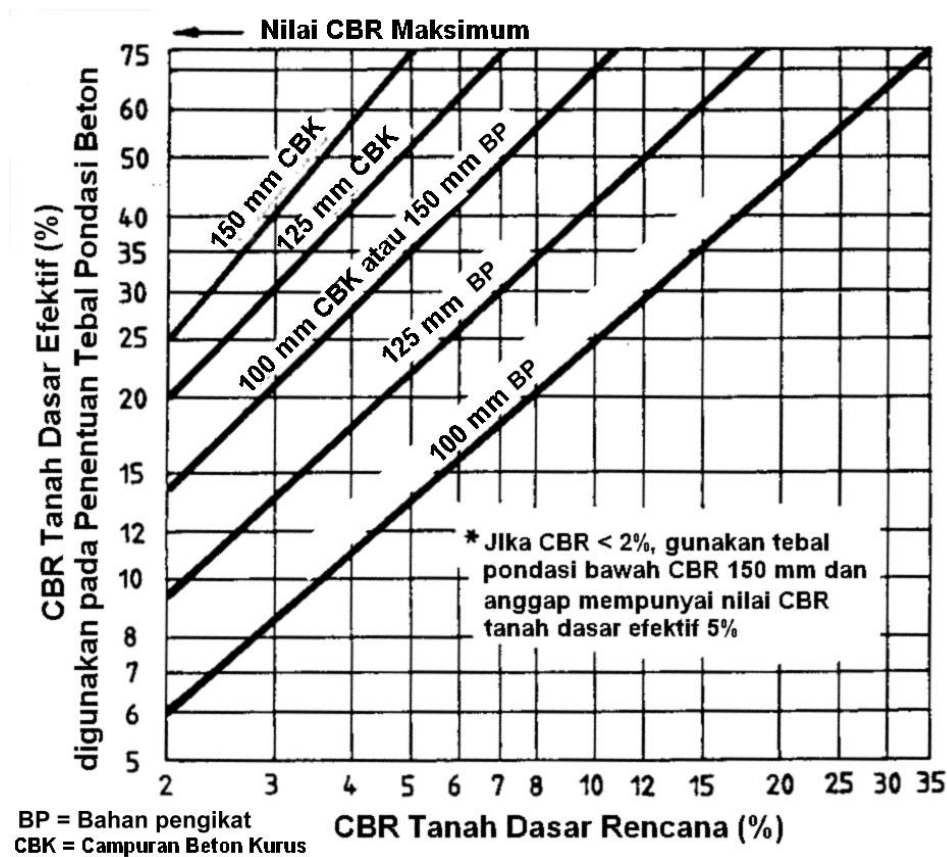
1. Perkiraan lalu-lintas dan komposisinya selama umur rencana.
2. Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR.
3. Kekuatan beton yang digunakan
4. Jenis perkerasan

Berikut akan dijelaskan persyaratan teknis dalam perencanaan perkerasan kaku.

3.5.1 Tanah Dasar dan Pondasi Bawah

1. Tanah Dasar

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) “lapis tanah dasar harus dibentuk sesuai dengan profil desain dan penampang melintang perkerasan, dan harus dipadatkan pada 100% kepadatan kering ringan pada kedalaman 30% dan harus memenuhi CBR desain. Dalam Pd T-14-2003 daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2% maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (Lean-Mix Concrete) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%. Grafik CBR tanah dasar efektif yang digunakan pada penentuan tebal pondasi beton dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut”.

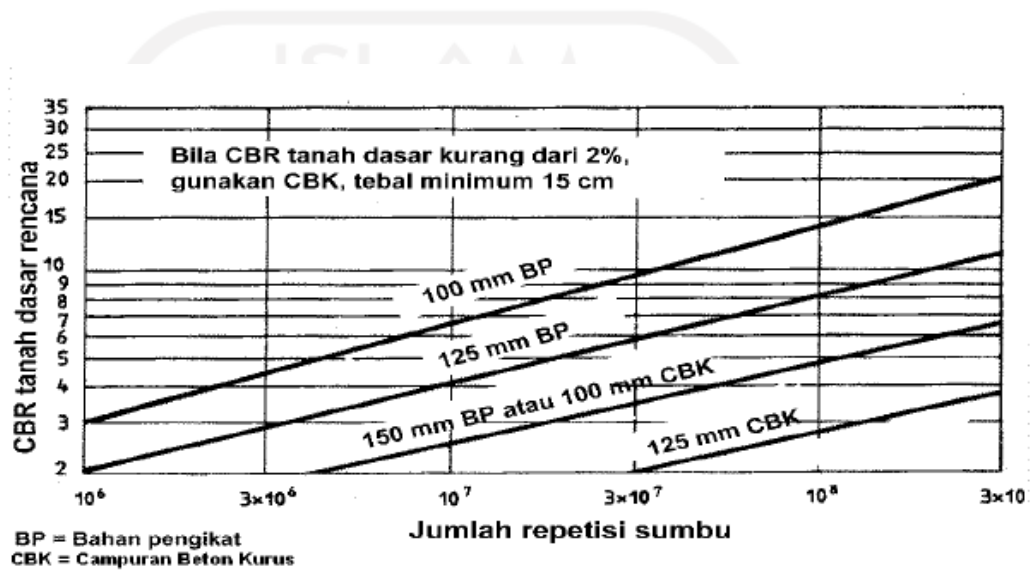


Gambar 3.1 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah

(sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

2. Pondasi Bawah

Menurut Pd T-14-2003 “bahan pondasi bawah dapat berupa bahan berbutir, stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat, dan campuran beton kurus. Lapis pondasi bawah sendiri menurut pedoman tersebut perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk ketebalan sendiri, pedoman tersebut mensyaratkan tebal lapisan minimum sebesar 10 cm”. Tebal lapis pondasi minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen

(sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

3.5.2 Beton Semen

Pd T-14-2003 menjelaskan bahwa “kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari. Sedangkan kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa terdekat”. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dilihat melalui Persamaan 3.3 berikut ini.

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0,5} \dots\dots\dots(3.3)$$

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.

3.5.3 Lalu Lintas

Lalu lintas merupakan elemen penting dalam perencanaan jalan, karena kapasitas dan konstruksi struktur perkerasan jalan yang direncanakan tergantung pada lalu lintas yang akan melewati jalan yang direncanakan tersebut. Data lalu lintas didapat dari survei lalu lintas yang bisa dilakukan dengan cara manual (dengan menggunakan tenaga surveyor) maupun cara mekanik/elektronik (dengan bantuan peralatan mekanik ataupun elektronik).

1. Volume lalu lintas

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

2. Faktor pertumbuhan lalu lintas

Seperti dijelaskan pada Subbab Perencanaan Perkerasan Lentur perhitungan pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada Persamaan 3.1 diatas.

3.5.4 Faktor Lajur

Seperti dijelaskan pada Subbab Perencanaan Perkerasan Lentur lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada suatu arah tertentu. Faktor distribusi lajur (DL) ditunjukkan pada Tabel 3.3.

3.5.5 Beban Lalu Lintas

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) “Beban lalu lintas merupakan beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara roda kendaraan dengan lapis permukaan perkerasan jalan secara dinamis dan berulang selama masa pelayanan jalan. Beban kendaraan yang dilimpahkan melalui roda kendaraan yang terjadi berulang selama masa pelayanan sebagai akibat repetisi kendaraan yang melintasi jalan tersebut. Beban lalu lintas ini akan berpengaruh pada hasil perencanaan konstruksi struktur perkerasan jalan dan kekokohan struktur pelayanan jalan selama masa pelayanan”.

Berdasarkan pedoman desain perkerasan kaku (Pd T-14-2003), “beban lalu lintas desain didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (*heavy vehicle axle group*, HVAG) dan bukan pada nilai CESA”. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan Persamaan 3.4 berikut.

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times DD \times DL \dots \dots \dots (3.4)$$

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
- DD = Faktor distribusi arah
- DL = Faktor distribusi lajur kendaraan niaga

1. Konfigurasi Sumbu Kendaraan Niaga

Menurut Pd T-14-2003 “kendaraan niaga adalah kendaraan yang paling sedikit memiliki dua sumbu atau lebih yang setiap kelompok bannya mempunyai paling sedikit satu roda tunggal dan berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu kendaraan niaga dimaksudkan untuk menyatakan penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan kaku. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut”.

- a. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- b. Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- c. Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- d. Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

2. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 3.12 berikut.

Tabel 3.12 Faktor keamanan beban (F_{KB})

No.	Penggunaan	Nilai F_{KB}
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-lintas dari hasil survai beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, 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 Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

3.5.6 Bahu

Menurut Pd T-14-2003 “bahu beton semen adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb. Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat”.

3.5.7 Sambungan

Menurut Pd T-14-2003 “sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan dan pengaruh lenting serta beban lalu-lintas, memudahkan pelaksanaan, mengakomodasi gerakan pelat. Sambungan pada perkerasan jalan beton ada batang pengikat (Tie Bars) yang diletakan pada sambungan memanjang (*longitudinal joint*). Sementara itu pada sambungan melintang (*transversal joint*) diletakkan ruji atau dowel”.

1. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

“Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm”. Ukuran batang pengikat dihitung dengan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 berikut.

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots(3.5)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan :

- A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2).
- b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).
- h = Tebal pelat (m).
- l = Panjang batang pengikat (mm).
- ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

2. Sambungan susut melintang dengan ruji (*Dowel*)

“Sambungan susut melintang dengan ruji (dowel) kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen”.

Menurut Pd T-14-2003 “jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 – 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton”. Diameter ruji tergantung dengan tebal pelat beton sebagaimana pada Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3.13 Diameter ruji (*Dowel*)

No	Tebal Pelat Beton, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h$	36

sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

3.5.8 Prosedur Desain Tebal Perkerasan

Menurut Pd T-14-2003 “prosedur desain tebal perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan yaitu retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat dan erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan. Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton”.

“Data lalu-lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana”. Setelah itu dicari nilai JSKN menggunakan Persamaan 3.4.

“Setelah JSKN didapat maka kemudian perlu dicari jumlah repetisi sumbu yang terjadi. Jumlah repetisi sumbu yang terjadi diperoleh dari penjumlahan masing-masing repetisi sesuai konfigurasi beban dan sumbu kendaraan. Perhitungan repetisi sumbu diperoleh dari Persamaan 3.7 berikut”.

Repetisi sumbu = proporsi beban x proporsi sumbu x JSKN.....(3.7)

Selanjutnya menentukan tebal perkerasan taksiran dengan menggunakan Tabel 3.14 dan Tabel 3.15 dengan melihat nilai JSKN.

Tabel 3.14 Bagan Desain 4. Perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10^6)	<4,3	<8,6	<25,8	<43	<86
Dowel	Ya				
Struktur Perkerasan (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis pondasi LMC	100				
Lapis drainase (agregat A)	150				

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

Tabel 3.15 Bagan Desain-4A. Perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas rendah

	Tanah dasar			
	Tanah Lunak dengan Lapis Penopang		Dipadatkan normal	
Bahu pelat beton (<i>tied shoulder</i>)	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Tebal Pelat Beton (mm)				
Akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor	160	175	135	150
Dapat diakses oleh truk	180	200	160	175
Tulangan distribusi retak	Ya		Ya jika daya dukung fondasi tidak seragam	
Dowel	Tidak dibutuhkan			
LMC	Tidak dibutuhkan			
Lapis Fondasi Kelas A (ukuran butir nominal maksimum 30 mm)	125 mm			
Jarak sambungan melintang	4 m			

sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2017

Langkah selanjutnya yakni menentukan CBR tanah dasar efektif yang dapat diperoleh dari Gambar 3.2.

“Selanjutnya tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%”. (Mutaher, 2017)

“Setelah tebal taksiran diperoleh maka selanjutnya dilakukan analisis fatik dan erosi. Berdasarkan Pd-T-14-2003 untuk analisis fatik dan erosi perlu dicari terlebih dahulu tegangan ekuivalen serta faktor erosi sesuai dengan kategori sumbu kendaraannya yakni STRT, STRG dan STdRG. Nilai tegangan ekuivalen dan faktor erosi diperoleh dari Lampiran 2 dengan memasukkan nilai tebal perkerasan dan CBR tanah dasar efektif”. (Mutaher, 2017)

“Setelah tegangan ekuivalen dan faktor erosi sesuai konfigurasi beban dan sumbu kendaraan niaga tersebut diketahui, maka perlu dicari Faktor Rasio Tegangan (FRT) sesuai masing-masing konfigurasi sumbu kendaraan tersebut. Untuk menghitung FRT maka digunakan Persamaan 3.8 berikut ini”. (Mutaher, 2017)

$$FRT = TE/f_{cf} \dots\dots\dots(3.8)$$

dengan :

- FRT = Faktor Rasio Tegangan
- TE = Tegangan Ekuivalen
- f_{cf} = kuat tarik lentur beton pada umur 28 hari

Kuat tarik lentur beton pada umur 28 hari sendiri ditentukan dengan Persamaan 3.9 berikut.

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0,5} \dots\dots\dots(3.9)$$

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

“Setelah FRT masing-masing sumbu diketahui maka analisis fatik dan erosi dapat dilakukan. Analisis fatik dan erosi dalam hal ini diterjemahkan sebagai persentasi kerusakan yang diperoleh dari Persamaan 3.10 berikut”. (Mutaher, 2017)

$$\text{Persentase kerusakan}_i = (\text{Repetisi yang terjadi}_i \times 100) : \text{repetisi ijin}_i \dots (3.10)$$

dengan :

i = jenis konfigurasi beban dan sumbu kendaraan

“Selanjutnya dalam menentukan repetisi ijin diperlukan input beban per roda pada kelompok sumbu kendaraan atau beban rencana dan nilai FRT. Beban rencana per roda diperoleh dari hasil perkalian antara beban sumbu dengan jumlah roda dalam satu sumbu tersebut dan faktor keamanan beban”. (Mutaher, 2017)

“Setelah mengetahui beban rencana sesuai jenis konfigurasi sumbu kendaraan maka nilai repetisi ijin dapat diperoleh dari nomogram analisis fatik dan beban repetisi ijin tanpa bahu beton yang dilampirkan pada Lampiran 2 dan Lampiran 3”. (Mutaher, 2017)

Ringkasan langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan beton semen dapat dilihat pada Tabel 3.16 berikut.

Tabel 3.16 Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan beton semen

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 perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dengan Gambar 3.4.
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai Gambar 3.3
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (f_{cf})
6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (F_{KB})
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 (f_{cf}).
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda ≥ 65 kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Lampiran 3, Lampiran 4 dan Lampiran 5
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Lampiran 3, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12	Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Lampiran 4 dan Lampiran 5.
14	Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Lampiran 3 dan Lampiran 4 atau Lampiran 5 yang masing-masing menapai 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 roda 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 Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

3.6 Analisis Biaya Siklus Hidup

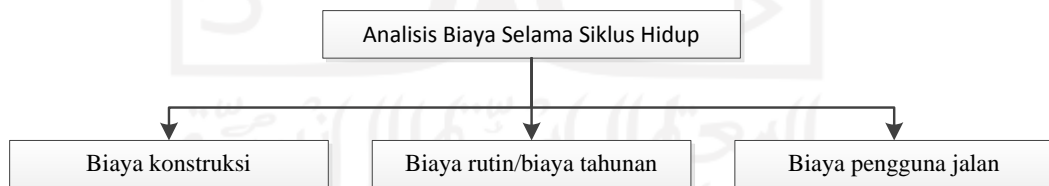
Pekerjaan proyek konstruksi jalan memerlukan biaya investasi untuk pembangunan awal yang besar, selain itu sudah semestinya biaya tidak hanya

diukur dari biaya pembangunan awal saja, tetapi juga biaya rutin yang dikeluarkan setiap tahunnya selama siklus hidup.

Menurut Thuesen dan Fabrycky (2002) “secara umum biaya siklus hidup memiliki dua fase utama yaitu akuisisi (perolehan barang) dan penggunaan. Selama fase akuisisi, dikeluarkan biaya yang tidak berulang, dan biaya itu menjadi biaya pertama atau biaya konstruksi. Selama fase penggunaan, timbul biaya yang berulang, dan biaya tersebut adalah biaya rutin/tahunan. Biaya siklus hidup (*life-cycle cost*) adalah semua biaya, baik yang dikeluarkan secara berulang maupun tidak berulang, yang terjadi selama siklus hidup”.

Menurut Rachmayati (2014) “analisis biaya siklus hidup adalah teknik dalam melakukan evaluasi ekonomi terhadap pilihan alternatif investasi jangka panjang, yang digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan berinvestasi. Biaya-biaya yang ada akan diproyeksikan untuk setiap alternatif desain dengan dikonversikan ke nilai sekarang (*present value*) yang dapat menentukan alternatif biaya mana yang paling efektif”.

Analisis biaya selama siklus hidup pada penelitian ini mengacu pada penelitian yang dilakukan Ashok, dkk (2017). Menurut Ashok, dkk (2017) biaya selama siklus hidup terdiri dari beberapa elemen yang harus analisis. Elemen-elemen tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Elemen biaya selama siklus hidup

3.6.1 Biaya Konstruksi

Biaya konstruksi adalah biaya yang diperlukan untuk pembangunan konstruksi suatu proyek yang dalam penelitian ini adalah proyek konstruksi jalan. Biaya ini yang nantinya akan ditawarkan oleh pihak kontraktor kepada pemilik proyek.

Perhitungan biaya konstruksi dihitung berdasarkan desain tebal perkerasan yang akan dianalisis dipenelitian ini. Perhitungan biaya konstruksi dihitung

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

1. Divisi 1 - Umum
2. Divisi 2 - Drainase
3. Divisi 3 - Pekerjaan Tanah
4. Divisi 4 - Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan
5. Divisi 5 - Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen
6. Divisi 6 - Perkerasan Aspal
7. Divisi 7 - Struktur
8. Divisi 8 - Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor
9. Divisi 9 - Pekerjaan Harian
10. Divisi 10 - Pekerjaan Pemeliharaan Rutin

Perhitungan AHSP memerlukan harga satuan pekerja, pengadaan material dan pengadaan alat. Pada penelitian ini harga satuan dasar diperoleh dari Peraturan Gubernur (PERGUB) DIY No. 40 Tahun 2018 tentang Standar Harga Barang dan Jasa Daerah.

3.6.2 Biaya Rutin/Biaya Tahunan

Waktu setelah sebuah proyek selesai dibangun merupakan waktu awal dari umur proyek sesuai dengan umur yang direncanakan pada waktu detail desain. Pada waktu itu pemanfaatan proyek mulai dilaksanakan. Selama pemanfaatan, proyek memerlukan biaya sampai dengan umur proyek tersebut selesai, biaya tersebut yang harus dipikul oleh pemilik proyek. Pada penelitian ini biaya rutin mencakup pada biaya perawatan dan biaya rehabilitasi.

Kegiatan perawatan merupakan tindakan atau usaha yang dilakukan secara rutin dengan tujuan mempertahankan umur layanan sebelum mengalami kerusakan yang berarti. Jadi biaya perawatan adalah biaya yang dikeluarkan secara rutin untuk membiayai kegiatan perawatan. Sebelum menghitung biaya perawatan terlebih dahulu menentukan strategi perawatan yang akan dilakukan.

Strategi perawatan yang dimaksud adalah menentukan pekerjaan apa saja yang akan dimasukkan ke dalam perawatan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Selain menentukan pekerjaan apa saja yang akan dilaksanakan, strategi perawatan juga menentukan kapan akan dilaksanakan perawatan tersebut. Setelah menentukan pekerjaan untuk perawatan kemudian bisa dihitung biayanya dengan cara menentukan volume dan harga satuan pekerjaannya, seperti dijelaskan pada Subbab 3.7.

Kegiatan rehabilitasi merupakan tindakan atau usaha yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan kondisi jalan dengan harapan kondisi jalan dapat kembali umur layannya. Jadi biaya rehabilitasi adalah biaya yang dikeluarkan untuk membiayai kegiatan rehabilitasi. Sebelum menghitung biaya rehabilitasi terlebih dahulu menentukan strategi rehabilitasi yang akan dilakukan. Strategi rehabilitasi yang dimaksud adalah menentukan pekerjaan apa saja yang akan dimasukkan ke dalam rehabilitasi perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Selain menentukan pekerjaan apa saja yang akan dilaksanakan, strategi rehabilitasi juga menentukan kapan akan dilaksanakan rehabilitasi tersebut. Setelah menentukan pekerjaan untuk rehabilitasi kemudian bisa dihitung biayanya dengan cara menentukan volume dan harga satuan pekerjaannya, seperti dijelaskan pada Subbab 3.7.

Setelah perhitungan biaya perawatan dan biaya rehabilitasi selesai maka sebelum digabungkan ke dalam biaya siklus hidup harus dikonversikan ke dalam nilai sekarang (*present value*).

3.6.3 Biaya Pengguna Jalan

Biaya pengguna jalan adalah biaya yang dikeluarkan oleh pengguna jalan akibat melalui jalan tersebut. Pada penelitian ini biaya pengguna jalan dianalisis menggunakan analisis Biaya Operasional Kendaraan.

Menurut Pedoman Pra Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan PD T-18-2005-B “perhitungan biaya operasi kendaraan (BOK) bertujuan untuk mengevaluasi peningkatan pekerjaan proyek pembangunan jalan dan jembatan menurut kriteria ekonomi, sehingga dapat diketahui bahwa biaya yang dialokasikan dapat memberikan tingkat manfaat yang tinggi”. Perhitungan biaya

operasi kendaraan mengacu pada Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap (Running Cost) Pd T-15-2005-B.

A. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Data yang dibutuhkan untuk mencari biaya konsumsi bahan bakar adalah kecepatan rata-rata lalu lintas, percepatan rata-rata, simpangan baku percepatan, tanjakan dan turunan serta berat kendaraan total yang direkomendasikan.

Untuk percepatan rata-rata lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11 berikut.

$$A_R = 0,0128 \times (V/C) \dots\dots\dots(3.11)$$

dengan :

- A_R = percepatan rata-rata
- V = volume lalu lintas (smp/jam)
- C = kapasitas jalan (smp/jam)

Untuk simpangan baku percepatan lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

$$SA = SA_{max} (1,04/(1 + e^{(a_0+a_1) \times (V/C)})) \dots\dots\dots(3.12)$$

dengan :

- SA = Simpangan baku percepatan (m/s²)
- SA_{max} = Simpangan baku percepatan maksimum (m/s²) (tipikal=0,75)
- a_0, a_1 = Koefisien parameter (tipikal $a_0 = 5,140$; $a_1 = -8,264$)
- V = Volume lalu lintas (smp/jam)
- C = kapasitas jalan (smp/jam)

Untuk tanjakan dan turunan rata-rata ditentukan dengan alinyemen vertikal. Penentuan tersebut mengacu pada Tabel 3.17 berikut.

Tabel 3.17 Alinyemen vertikal yang direkomendasikan pada 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, 2005

Untuk menentukan berat kendaraan total yang direkomendasikan menggunakan Tabel 3.18 berikut ini.

Tabel 3.18 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, 2005

Selanjutnya dalam menghitung biaya konsumsi bahan bakar minyak digunakan Persamaan 3.13 berikut ini.

$$BiBBM_j = KBBM_i \times HBBM_j \dots\dots\dots(3.13)$$

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

Berdasarkan Persamaan di atas, $KBBM_i$ perlu dicari terlebih dahulu. Untuk mencari $KBBM_i$ digunakan Persamaan 3.14 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{KBBMi} = & [\alpha + (\beta_1/\text{VR}) + (\beta_2 \times \text{VR}^2) + (\beta_3 \times \text{RR}) + (\beta_4 \times \text{FR}) + \\
& (\beta_5 \times \text{FR}^2) + (\beta_6 \times \text{DTR}) + (\beta_7 \times \text{AR}) + (\beta_8 \times \text{SA}) + \\
& (\beta_9 \times \text{BK}) + (\beta_{10} \times \text{BK} \times \text{AR}) + \\
& (\beta_{11} \times \text{BK} \times \text{SA})] / 1000 \dots\dots\dots(3.14)
\end{aligned}$$

dengan:

α = 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 dalam rumus tersebut ditentukan dalam Tabel 3.19 berikut.

Tabel 3.19 Nilai konstanta dan koefisien paramater model konsumsi BBM

Jenis Kendaraan	α	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}	β_{11}
Sedan	23,87	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	129,60	1912,2	0,0092	7,231	2,790	-	-	266,4	13,86	-	-	-
Truk Ringan	70,00	524,6	0,0020	1,732	0,945	-	-	124,4	-	-	-	50,02
Truk Sedang	97,70	-	0,0135	0,7365	5,706	0,0378	-0,0858	-	-	6,661	36,46	17,28
Truk Berat	190,30	3829,7	0,0196	14,536	7,225	-	-	-	-	-	11,41	10,92

sumber : Departemen pekerjaan umum, 2005

B. Biaya Konsumsi Oli

Biaya konsumsi oli untuk masing masing jenis kendaraan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15 berikut ini.

$$BO_i = KO_i \times HO_j \dots\dots\dots(3.15)$$

dengan :

BO_i = Biaya konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (Rp./km)

KO_i = Konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (liter/km)

HO_j = Harga oli untuk jenis oli j (Rp/liter)

Untuk menghitung konsumsi oli masing-masing kendaraan menggunakan Persamaan 3.16 berikut ini.

$$KO_i = OHK_i + OHO_i \times KBBM_i \dots\dots\dots(3.16)$$

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)

Untuk menghitung kehilangan oli akibat kontaminasi menggunakan Persamaan 3.17 berikut ini.

$$OHK_i = KPO_i/JPO_i \dots\dots\dots(3.17)$$

dengan :

KPO_i = Kapasitas oli (liter)

JPO_i = Jarak penggantian oli (km)

Nilai OHO_i , KPO_i dan JPO_i diperoleh dari Tabel 3.20 berikut ini.

Tabel 3.20 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, 2005

C. Biaya Konsumsi Suku Cadang

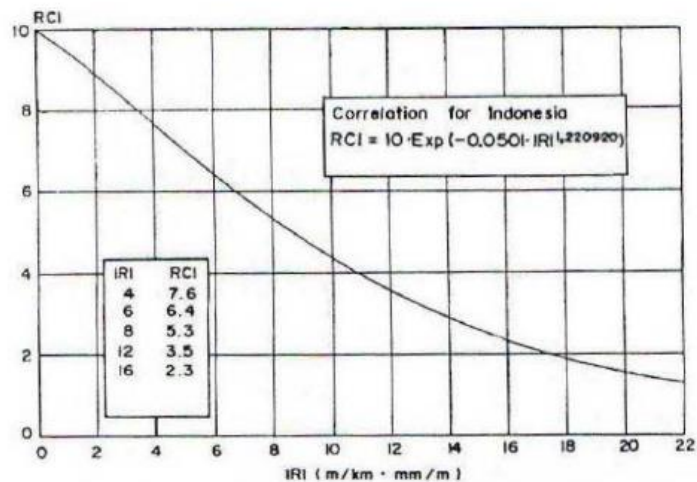
Data yang perlu diperhatikan dalam menghitung biaya konsumsi suku cadang adalah kekasaran permukaan jalan dan harga kendaraan baru. Nilai kekasaran permukaan yang digunakan adalah berdasarkan kondisi permukaan jalan secara visual dan nilai RCI yang ada pada Tabel 3.21 berikut ini.

Tabel 3.21 Nilai RCI permukaan jalan

RCI	Kondisi Permukaan Jalan secara Visual
8-10	Sangat rata dan teratur
7-8	Sangat baik, umumnya rata
6-7	Baik
5-6	Cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang, tetapi permukaan jalan 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, 1992

Berdasarkan tabel diatas, setelah mendapatkan nilai RCI kemudian dikonversikan kedalam nilai IRI menggunakan grafik pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Grafik korelasi antara RCI dan IRI

(sumber : Sukirman, 1992)

Selanjutnya menentukan harga kendaraan baru. Penentuan harga kendaraan baru dilakukan dengan cara melakukan survei melalui internet. Harga kendaraan baru tersebut dikurangi dengan nilai ban yang digunakan.

Untuk menghitung biaya konsumsi suku cadang menggunakan Persamaan 3.18 berikut.

$$BP_i = P_i \times HKB_i / 1000000 \dots\dots\dots(3.18)$$

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

Untuk mencari P_i menggunakan Persamaan 3.19 berikut.

$$P_i = (\phi + \gamma_1 \times IRI) (KJT_i / 100000)^{\gamma_2} \dots\dots\dots(3.19)$$

dengan:

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

ϕ = Konstanta

γ_1 dan γ_2 = Koefisien-koefisien parameter

IRI = Kekasaran jalan (m/km)

KJT_i = Kumulatif jarak tempuh kendaraan jenis i (km)

i = Jenis kendaraan

Nilai ϕ , γ_1 dan γ_2 diperoleh dari Tabel 3.22 berikut ini.

Tabel 3.22 Nilai tipikal ϕ , γ_1 dan γ_2

Jenis Kendaraan	Koefisisen Parameter		
	ϕ	γ_1	γ_2
Sedan	-0,69	0,42	0,10
Utiliti	-0,69	0,42	0,10
Bus Kecil	-0,73	0,43	0,10
Bus Besar	-0,15	0,13	0,10
Truk Ringan	-0,64	0,27	0,20
Truk Sedang	-1,26	0,46	0,10
Truk Berat	-0,86	0,32	0,40

sumber : Departemen pekerjaan umum, 2005

D. Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Biaya Upah Perbaikan Kendaraan untuk masing-masing jenis kendaraan dihitung dengan Persamaan 3.20 sebagai berikut.

$$BU_i = JP_i \times UTP/1000 \dots \dots \dots (3.20)$$

dengan:

BU_i = Biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km)

JP_i = Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000km)

UTP = Upah Tenaga Pemeliharaan (Rp/jam)

Kebutuhan jumlah jam pemeliharaan untuk masing-masing jenis kendaraan dihitung dengan Persamaan 3.21 sebagai berikut.

$$JP_i = a_0 \times P_i^{a_1} \dots \dots \dots (3.21)$$

dengan:

JP_i = 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, a_1 diperoleh dari Tabel 3.23 berikut ini.

Tabel 3.23 Nilai tipikal a_0, a_1

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, 2005

E. Biaya Konsumsi Ban

Beberapa data yang perlu diketahui sebelum menghitung biaya konsumsi ban adalah nilai tahanan & turunan (TT_R) dan derajat tikungan (DT_R). Nilai

tanjakan & turunan (TT_R) dan derajat tikungan (DT_R) diperoleh dari Tabel 3.24 berikut.

Tabel 3.24 Nilai tanjakan & turunan (TTR) dan derajat tikungan (DTR) sesuai kondisi medan

Kondisi Medan	TT_R (m/km)	DT_R
Datar	5	15
Bukit	25	115
Pegunungan	45	200

sumber : Departemen pekerjaan umum, 2005

Untuk menghitung biaya konsumsi ban menggunakan Persamaan 3.22 berikut.

$$BB_i = KB_i \times HB_j / 1000 \dots \dots \dots (3.22)$$

dengan:

- BB_i = Biaya konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (Rp/km)
- KB_i = Konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (EBB/1000)
- HB_j = Harga ban baru jenis j (Rp/ban baru)
- i = Jenis kendaraan
- j = Jenis ban

Untuk menghitung konsumsi ban untuk masing-masing kendaraan dapat dihitung dengan Persamaan 3.23 berikut.

$$KB_i = \chi + (\delta_1 \times IRI) + (\delta_2 \times TT_R) + (\delta_3 \times DT_R) \dots \dots \dots (3.23)$$

dengan:

- χ = Konstanta
- $\delta_1, \dots, \delta_3$ = Koefisien parameter
- TT_R = Tanjakan + turunan rata-rata
- DT_R = Derajat tikungan rata-rata

Nilai konstanta dan koefisien parameter sendiri dapat diperoleh dari Tabel 3.25 berikut.

Tabel 3.25 Nilai tipikal $\chi, \delta_1, \delta_2, \delta_3$

Jenis Kendaraan	χ	δ_1	δ_2	δ_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, 2005

F. Besaran Biaya Operasi Kendaraan (BOK)

Besaran Biaya Operasi Kendaraan dihitung dengan menjumlahkan unit-unit BOK dengan Persamaan 3.24 sebagai berikut.

$$BTT = B_iBBM_j + BO_i + BP_i + BU_i + BB_i \dots\dots\dots(3.24)$$

dengan:

- BTT = Besaran biaya tidak tetap (Rp/km)
- B_iBBM_j = Biaya konsumsi bahan bakar minyak (Rp/km)
- BO_i = Biaya konsumsi oli (Rp/km)
- BP_i = Biaya konsumsi suku cadang (Rp/km)
- BU_i = Biaya upah tenaga kerja (Rp/km)
- BB_i = Biaya konsumsi ban (Rp/km)

3.7 Rencana Anggaran Biaya

Menurut Ervianto (2005) “kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi untuk mengetahui besar dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan. Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. Ketidaktepatan yang terjadi dalam

penyediaannya akan berakibat kurang baik pada pihak-pihak yang terlibat di dalamnya”.

“Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan”. Menurut Ibrahim (2003) “biaya atau anggaran itu sendiri merupakan jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan, disimpulkan bahwa rencana anggaran biaya dari suatu pekerjaan terlihat dalam Persamaan 3.25 berikut”.

$$RAB = \Sigma (\text{VOLUME} \times \text{HARGA SATUAN PEKERJAAN}) \dots\dots\dots(3.25)$$

“Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja disetiap daerah berbeda-beda. Sehingga dalam menentukan perhitungan dan penyusunan anggaran biaya suatu pekerjaan harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan. Dalam memperkirakan anggaran biaya terlebih dahulu harus memahami proses konstruksi secara menyeluruh termasuk jenis dan kebutuhan alat, karena faktor tersebut dapat mempengaruhi biaya konstruksi”. Selain faktor-faktor tersebut, ada faktor lain yang mempengaruhi dalam pembuatan anggaran biaya yaitu :

1. Produktivitas tenaga kerja
2. Ketersediaan material
3. Ketersediaan peralatan
4. Cuaca
5. Jenis kontrak
6. Masalah kualitas
7. Etika
8. Sistem pengendalian
9. Kemampuan manajemen

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Subjek dan Objek Penelitian

Subjek pada penelitian ini adalah analisis perencanaan perkerasan lentur dan kaku, analisis biaya selama siklus hidup yang meliputi biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya yang ditanggung pengguna jalan pada jalur evakuasi ruas Jalan Balong-Plosokerep. Sedangkan objek penelitian ini adalah pada jalur evakuasi ruas Jalan Balong-Plosokerep.

4.2 Data Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan suatu metode pengumpulan data. Cara pengumpulan data ini tergantung dengan jenis dan sumber datanya. Jenis dan sumber data pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari lapangan atau lokasi penelitan secara langsung. Data primer bisa didapatkan dengan cara survei ke lapangan atau lokasi secara langsung, wawancara, observasi terhadap suatu benda, kegiatan atau kegiatan, dan dengan pengujian.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan secara tidak langsung atau melalui media perantara yang data tersebut diperoleh dan dicatat oleh pihak lain. Data sekunder biasanya berupa bukti, catatan atau laporan-laporan yang telah tersusun dalam arsip baik itu dipublikasi ataupun tidak dipublikasi.

Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder. Data tersebut diperoleh dengan cara studi dokumen dan wawancara dengan pihak terkait. Adapun data yang dibutuhkan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data penelitian

Data Sekunder yang Dibutuhkan	Sumber data
1. Biaya konstruksi <ul style="list-style-type: none"> a. Desain struktur perkerasan <ul style="list-style-type: none"> - Data lalu lintas - Data CBR b. Harga pengadaan alat c. Harga pengadaan material d. Upah pekerja 	Dinas PUPKP Kab. Sleman Dinas PUPKP Kab. Sleman SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta
2. Biaya Perawatan dan Rehabilitasi <ul style="list-style-type: none"> a. Rencana Perawatan dan Rehabilitasi jalan b. Harga pengadaan alat c. Harga pengadaan material d. Upah pekerja e. Tingkat inflasi f. BI-rate 	Wawancara dengan pihak Dinas PUPKP Kab. Sleman SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta <i>Website</i> Bank Indonesia <i>Website</i> Bank Indonesia
3. Biaya Operasi Kendaraan (BOK) <ul style="list-style-type: none"> a. Harga bahan bakar minyak (BBM) b. Harga pelumas (oli) c. Harga kendaraan baru d. Harga ban e. Upah tenaga pemeliharaan 	SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta Survei dari Internet SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta SHBJ Provinsi D.I. Yogyakarta

4.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta. yang juga merupakan jalur evakuasi. Lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Lokasi penelitian

4.4 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian disusun sebagai kerangka penelitian yang bertujuan untuk memudahkan dalam memecahkan masalah yang akan diteliti. Tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pencarian studi pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk mengumpulkan informasi-informasi yang berkaitan dengan penelitian seperti data, dasar teori, metode analisis yang didapat dari literatur-literatur terkait, hasil penelitian yang sudah ada maupun media lainnya. Referensi dari penelitian ini diperoleh dari jurnal, tugas akhir, tesis, buku-buku dan situs internet yang berkaitan dengan analisis biaya selama siklus hidup dan desain perkerasan jalan lentur dan kaku.

2. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Balong-Plosokerep yang juga merupakan jalur evakuasi. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.

3. Pengambilan data

Data dalam penelitian ini menggunakan data sekunder. Data pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

4. Pengolahan data

Setelah data yang diperlukan dalam penelitian ini didapat, maka data-data tersebut diolah dengan cara sebagai berikut.

- a. Menghitung tebal perkerasan pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku menggunakan data lalu lintas dan CBR yang didapat.
- b. Menghitung biaya konstruksi pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku.
- c. Menghitung biaya perawatan dan rehabilitasi.
- d. Menghitung biaya penggunaan jalan yang menggunakan analisis Biaya Operasi Kendaraan (BOK)
- e. Menghitung biaya siklus hidup pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang meliputi meliputi biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya yang ditanggung pengguna jalan.
- f. Membandingkan biaya selama siklus hidup perkerasan lentur dan kaku untuk mengetahui perkerasan yang lebih layak untuk diaplikasikan.

5. Pembahasan penelitian

Pembahasan penelitian menjelaskan secara detail untuk mengetahui kesesuaian dengan tujuan yang telah direncanakan sebelumnya.

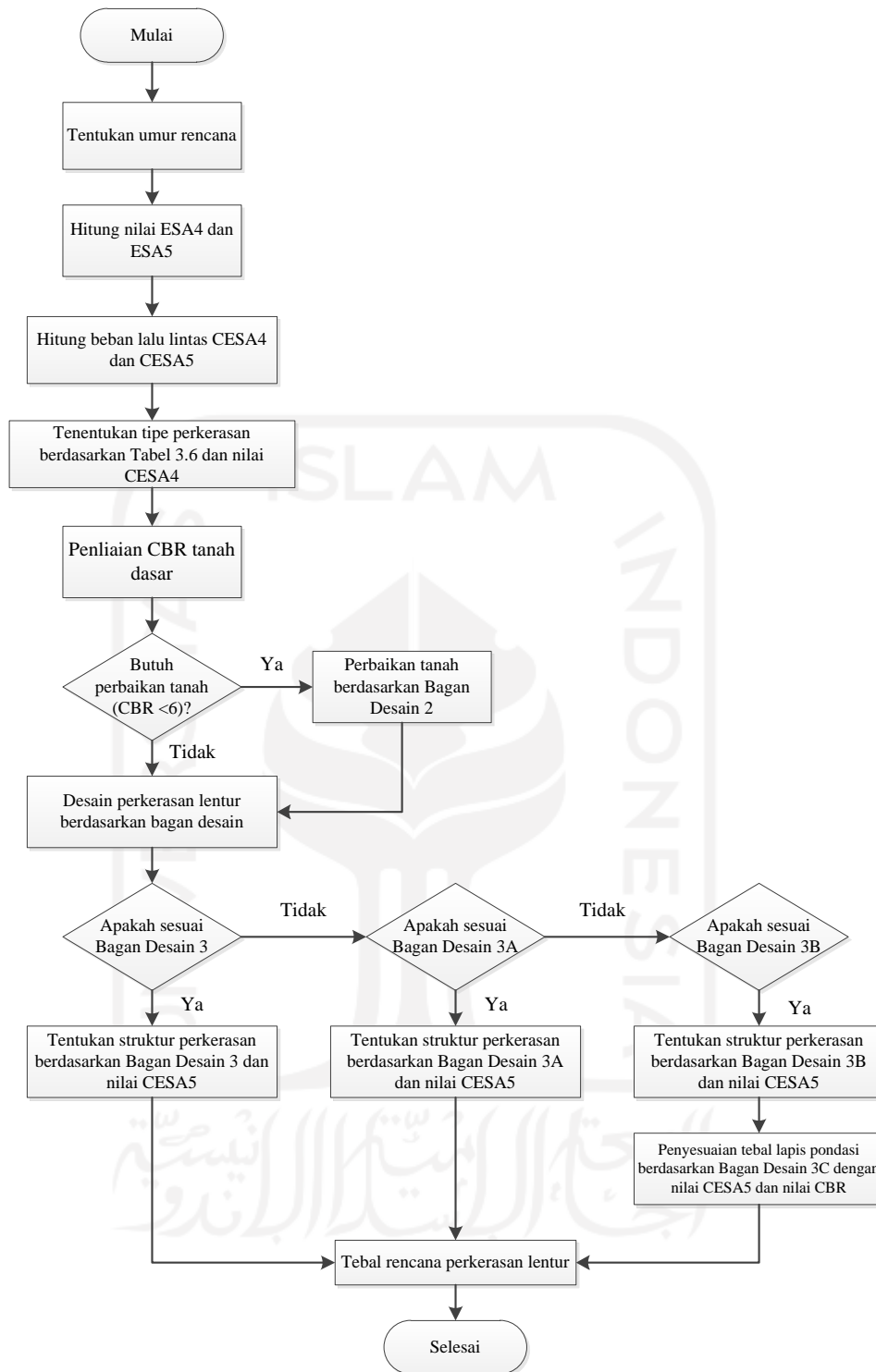
6. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan dan saran berisi rangkuman dari pembahasan serta dapat dijadikan acuan oleh pihak terkait dalam pengambilan keputusan dalam pemilihan perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang dilihat dari biaya selama siklus hidupnya.

4.5 Metode Analisis

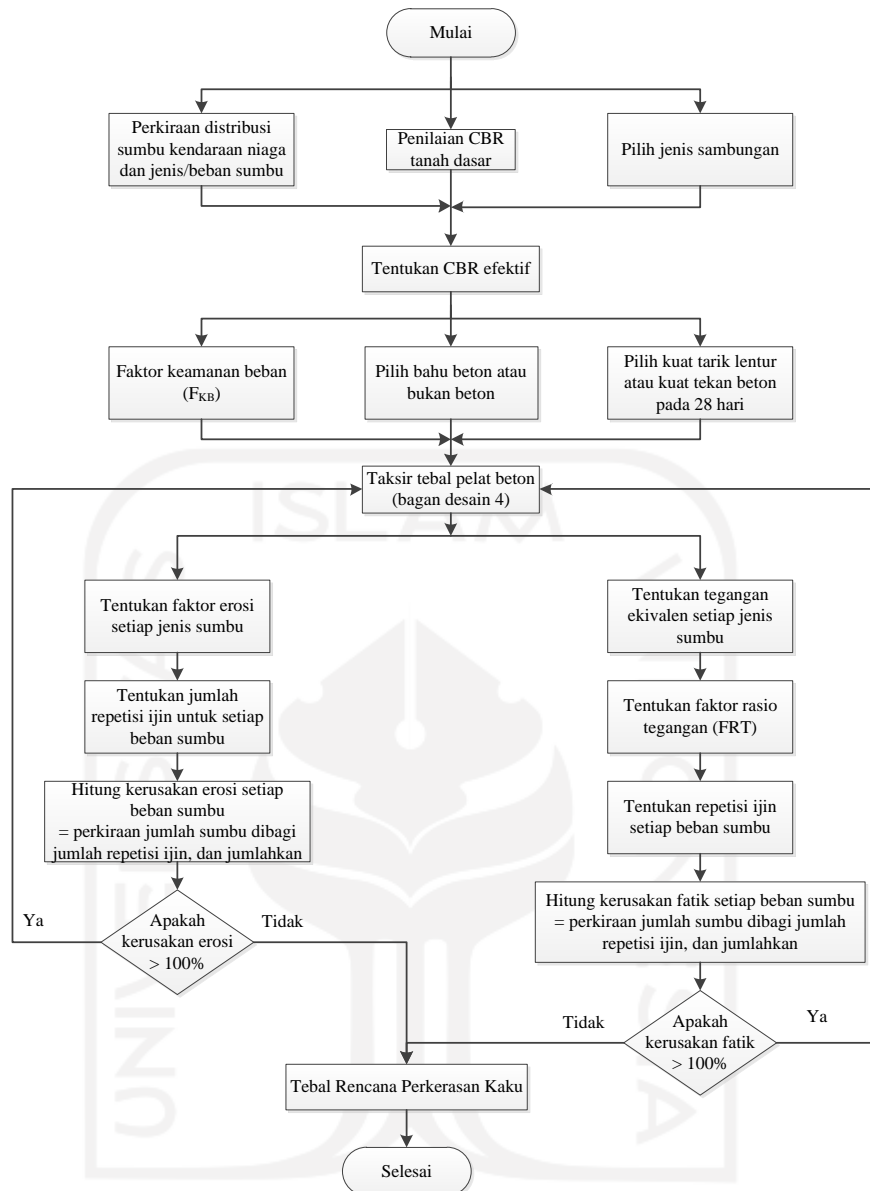
Tahapan analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Menghitung tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku dengan menggunakan data lalu lintas dan CBR. Perencanaan tebal perkerasan lentur mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 seperti diuraikan pada Subbab 3.4. Bagan alir perencanaan tebal perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Bagan alir perencanaan tebal perkerasan lentur

Perencanaan tebal perkerasan kaku mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 seperti diuraikan pada Subbab 3.5. Bagan alir perencanaan tebal perkerasan kaku dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Bagan alir perencanaan tebal perkerasan kaku

2. Menghitung biaya konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Perhitungan biaya konstruksi sesuai dengan perhitungan tebal perkerasan yang sudah dianalisis, kemudian biaya konstruksi dihitung mengacu pada Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Marga yang menjadi lampiran dalam Permen PU-PR No. 28 Tahun 2016, seperti diuraikan pada Subbab 3.6.1. Setelah menghitung biaya konstruksi masing-masing perkerasan selanjutnya dibandingkan seperti Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Biaya konstruksi

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan Perkerasan Lentur	Jumlah Harga Pekerjaan Perkerasan Kaku
1	Umum		
2	Drainase		
3	Pekerjaan Tanah		
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan		
5	Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen		
6	Perkerasan Aspal		
7	Struktur		
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor		
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan		
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)		
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)		

3. Menghitung biaya perawatan dan rehabilitasi pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku selama umur rencana, yaitu 20 tahun. Cara perhitungan biaya perawatan dan rehabilitasi adalah dengan terlebih dahulu menentukan strategi perawatan dan rehabilitasinya. Strategi perawatan dan rehabilitasi mencakup pekerjaan apa saja yang akan dilakukan dan waktu pelaksanaannya. Setelah ditentukan strategi perawatan dan rehabilitasi kemudian dihitung biaya perawatan dan rehabilitasi dengan terlebih dahulu menentukan harga satuan pekerjaannya dan volume pekerjaannya, seperti diuraikan pada Subbab 3.6.2. Pada penelitian ini rencana perawatan dan rehabilitasi mengacu pada Dinas PUPKP. Biaya perawatan dan rehabilitasi yang dihitung nantinya akan dikonversikan ke nilai sekarang (*present value*) karena untuk menghitung biaya selama siklus hidup semua biaya harus dalam *present value*. Untuk lebih jelasnya biaya perawatan dan rehabilitasi nantinya akan ditampilkan seperti Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.3 Biaya perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur

Tahun	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Penambalan jalan	Pengecatan marka	Overlay tebal 4cm	Total Biaya (future value)	Total Biaya (present value)
1 2021						
2 2022						
3 2023						
.						
20 2040						
Total						

Tabel 4.4 Biaya perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku

Tahun		Pembersihan bahu jalan dan drainase	Pengecatan marka	Pembersihan dan penyegelan sambungan	Total Biaya (future value)	Total Biaya (present value)
1	2021					
2	2022					
3	2023					
.	.					
20	2040					
Total						

4. Menghitung biaya penggunaan jalan yang menggunakan analisis Biaya Operasi Kendaraan (BOK). Cara menghitung Biaya Operasi Kendaraan (BOK) adalah menjumlahkan unit-unit BOK, seperti diuraikan di subbab 3.6.3. Biaya Operasi Kendaraan (BOK) dihitung untuk setiap jenis kendaraan yang lewat. Sama seperti biaya perawatan, Biaya Operasi Kendaraan (BOK) yang dihitung nantinya akan dikonversikan ke nilai sekarang (*present value*) karena untuk menghitung biaya selama siklus hidup semua biaya harus dalam *present value*. Untuk lebih jelasnya Biaya Operasi Kendaraan (BOK) nantinya akan ditampilkan seperti Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Biaya Operasi Kendaraan (BOK)

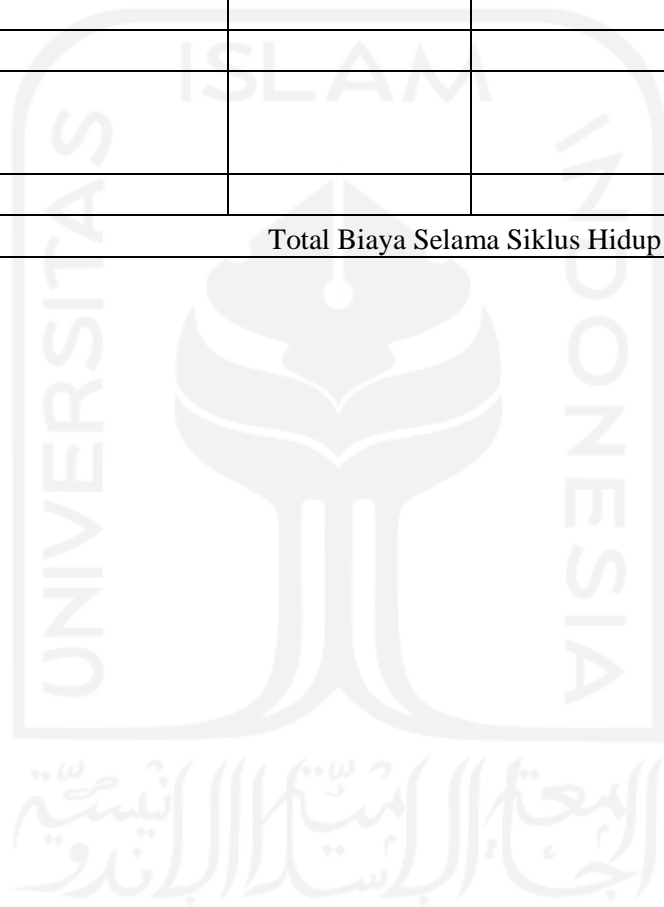
n	Tahun	LHRT Jenis Kendaraan (kend/th)	BOK (Rp/kend)	BOK (Rp)	Total BOK (Rp)	Total BOK (Present Value)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$e=c \times d$	$f=\sum e$	
0	2020					
1	2021					
2	2023					
3	2024					
.	.					
20	2040					
Total Biaya Operasional Kendaraan						

5. Menghitung biaya selama siklus hidup pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang meliputi meliputi biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya yang ditanggung pengguna jalan. Biaya selama siklus hidup, semua unsurnya harus sudah dikonversikan ke dalam nilai sekarang

(*present value*). Untuk lebih jelasnya Biaya selama siklus hidup nantinya akan ditampilkan seperti Tabel 4.6 berikut.

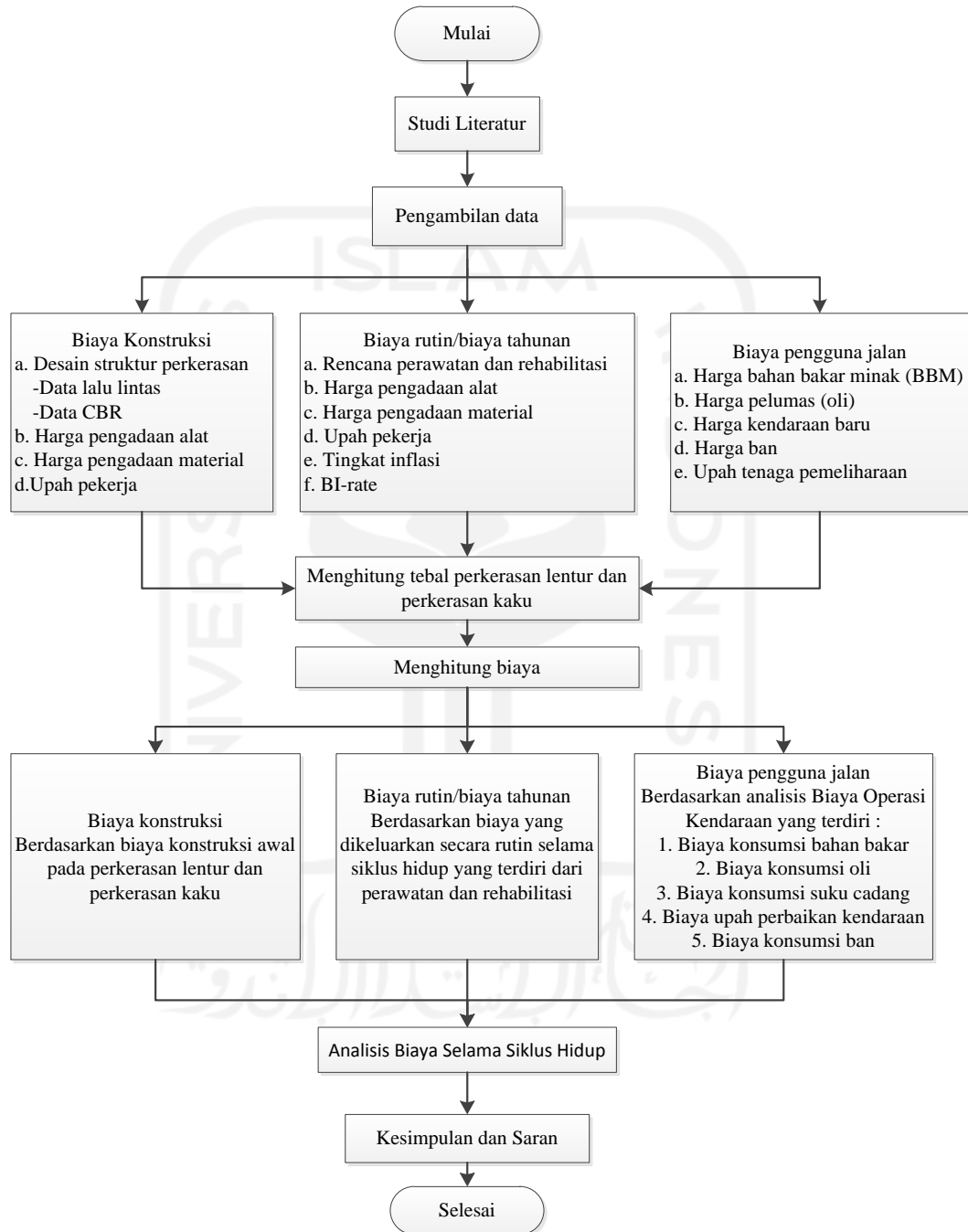
Tabel 4.6 Biaya selama siklus hidup

n	Tahun	Biaya Konstruksi	Biaya Perawatan dan Rehabilitasi	BOK	Biaya Siklus Hidup
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = c + d + e$
0	2020				
1	2021				
2	2022				
3	2023				
4	2024				
.					
.					
20	2040				
Total Biaya Selama Siklus Hidup					



4.6 Bagan Alir Penelitian

Dari tahapan-tahapan penelitian yang sudah diuraikan di atas, maka bagan alir dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Bagan alir penelitian



BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Data yang diperoleh untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

A. Data informasi jalan

Lokasi penelitian : Ruas Jalan Balong-Plosokerep

Panjang : 1,1 km

Lebar : 4 m

Perkerasan : Aspal

Kondisi : Rusak Berat

Data tersebut bersumber dari Bidang Bina Marga Dinas PUPKP Kabupaten Sleman tahun 2019.

B. Data harga satuan upah pekerja, pengadaan material, dan pengadaan alat

Data ini bersumber dari Peraturan Gubernur (PERGUB) DIY No. 40 Tahun 2018 tentang Standar Harga Barang dan Jasa Daerah yang terlampir pada Lampiran 5.

C. Data tingkat inflasi dan suku bunga BI-rate

Data tingkat inflasi 5 tahun terakhir terlampir pada Lampiran 6 dan data suku bunga BI-rate 3 tahun terakhir terlampir pada Lampiran 7.

D. Data lalu lintas dan data CBR

Data lalu lintas dan data CBR pada penelitian ini termasuk data sekunder yang bersumber dari Bidang Bina Marga Dinas PUPKP Kabupaten Sleman. Data lalu lintas pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data lalu lintas

Golongan	Jenis Kendaraan	LHR (kend/hari)
1	Sepeda Motor	103
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	4
3	Oplet, Pick-Up, Combi Dan Minibus	11
4	Pick-Up, Micro Truck dan Mobil Hantaran	17
5a	Bus Kecil	0
5b	Bus Besar	0
6a	Truk 2 Sumbu 4 Roda	309
6b	Truk 2 Sumbu 6 Roda	101
7a	Truk 3 Sumbu	0
7b	Truk Gandengan	0
7c	Truk Semi Trailer	0
8	Kendaraan Tidak Bermotor	38

Sedangkan untuk nilai CBR digunakan sebesar 7,76 %. Data tersebut digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang akan dianalisis pada penelitian ini.

E. Data laju pertumbuhan lalu lintas

Data pertumbuhan bersumber dari Bidang Bina Marga Dinas PUPKP Kabupaten Sleman dengan nilai 3,5%. Data tersebut digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang akan dianalisis pada penelitian ini.

F. Hasil wawancara

Wawancara dilakukan pada tanggal 21 September 2020 dengan narasumber Bapak Muhammad Khazin Alhusni, ST. selaku Analis Jalan Jembatan pada Seksi Perencanaan Teknis Jalan dan Jembatan Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman. Hasil wawancara adalah sebagai berikut.

1. Jenis perkerasan lentur di kabupaten Sleman menggunakan lapisan *asphalt concrete* atau lapisan aspal beton (laston), sedangkan jenis perkerasan kaku di kabupaten Sleman menggunakan beton bersambung tanpa tulangan.
2. Perawatan dan rehabilitasi jalan di Kabupaten Sleman untuk perkerasan lentur adalah sebagai berikut.
 - a. Pembersihan bahu jalan dan drainase, dilakukan setiap tahun.
(Perawatan)

- b. Pengecatan marka jalan, dilakukan setiap 2 tahun sekali. (Perawatan)
 - c. Penambalan jalan dengan asumsi 10% dari luas jalan dengan kedalaman 10 cm, dilakukan setiap setahun sekali. (Perawatan)
 - d. Overlay tebal 4 cm, dilakukan setiap 10 tahun. (Rehabilitasi)
3. Perawatan dan rehabilitasi jalan di Kabupaten Sleman untuk perkerasan kaku adalah sebagai berikut.
 - a. Pembersihan bahu jalan dan drainase, dilakukan setiap tahun. (Perawatan)
 - b. Pengecatan marka jalan, dilakukan setiap 2 tahun sekali. (Perawatan)
 - c. Pembersihan dan penyegelan sambungan, dilakukan setiap 5 tahun. (Rehabilitasi)
 4. Nilai IRI pada jalan baru perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang diperbolehkan adalah maksimal 4 m/km. Pada penelitian ini narasumber menyarankan untuk nilai IRI perkerasan lentur menggunakan 3 m/km dan nilai IRI perkerasan kaku menggunakan 3,5 m/km.
 5. Acuan dalam perencanaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku disarankan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga.

5.2 Perencanaan Perkerasan Lentur

Dalam penelitian ini perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

5.2.1 Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada perencanaan perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Lalu lintas harian rata-rata

Golongan	Jenis Kendaraan	LHR (kend/hari)
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	4
3	Oplet, Pick-Up, Combi Dan Minibus	11
4	Pick-Up, Micro Truck Dan Mobil Hantaran	17
6a	Truk 2 Sumbu 4 Roda	309
6b	Truk 2 Sumbu 6 Roda	101

5.2.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan Persamaan 3.1 dengan laju pertumbuhan lalu lintas per tahun pada ruas Jalan Balong-Plosokerep adalah 3,5% dan umur rencana 20 tahun. Berikut perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas.

$$\begin{aligned} R &= \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \\ &= \frac{(1+0,035)^{20}-1}{0,035} \\ &= 28,2797 \end{aligned}$$

5.2.3 Faktor Lajur

Selanjutnya menentukan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur (DL). Faktor distribusi arah (DD) pada penelitian ini adalah 0,5, karena jumlah kendaraan niaga cenderung sama di kedua arahnya. Faktor distribusi lajur (DL) didapat dari Tabel 3.3. Pada penelitian ini memiliki 1 lajur pada setiap arah, maka faktor distribusi lajur memiliki nilai 1.

5.2.4 Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Untuk mengitung faktor ekuivalen beban atau yang biasa disebut Vehicle Damage Factor (VDF) perlu diperoleh gambaran beban sumbu kendaraan dan konfigurasi sumbu kendaraan yang ada. Pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, VDF dibagi menjadi 2 yaitu VDF₄ dan VDF₅, sehingga nantinya akan membedakan hasil Beban Sumbu Standar Kumulatif atau *Cumulative Equivalent Standart Axle* (CESA) menjadi CESA₄ dan CESA₅. CESA₄ digunakan untuk menentukan pemilihan jenis perkerasan sedangkan CESA₅ digunakan untuk menentukan tebal perkerasan lentur. Untuk menentukan nilai VDF dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis kendaraan yang dapat dilihat pada Tabel 3.4. Rekapitulasi nilai VDF dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Rekapitulasi nilai VDF

Gol	Jenis Kendaraan	VDF ₄	VDF ₅
2	Sedan, jeep, station wagon	0	0
3	Oplet, combi dan minibus	0	0
4	Pick-up, micro truck dan mobil hantaran	0	0
6a	Truk 2 sumbu 4 roda	0,55	0,5
6b	Truk 2 sumbu 6 roda	5,3	9,2

Dari data-data di atas maka dapat dicari nilai ESA₄ dan ESA₅ dalam periode umur rencana yaitu 20 tahun. Berikut adalah contoh perhitungan pada golongan kendaraan 6a.

$$\begin{aligned}
 ESA_4 &= (\sum \text{jenis kendaraan LHR} \times VDF_4) \times 365 \times DD \times DL \times R \\
 &= (309 \times 0,55) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 28,2797 \\
 &= 877119,0762
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ESA_5 &= (\sum \text{jenis kendaraan LHR} \times VDF_5) \times 365 \times DD \times DL \times R \\
 &= (309 \times 0,5) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 28,2797 \\
 &= 797380,9783
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk jenis kendaraan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut

Tabel 5.4 Kumulatif beban ESA₄ dan ESA₅

Gol	Jenis Kendaraan	LHR	R	Jumlah Hari	DD	DL	VDF4	VDF5	ESA4	ESA5
2	Sedan, jeep, station wagon	4	28,2797	365	0,5	1	0	0	0	0
3	Oplet, combi dan minibus	11	28,2797	365	0,5	1	0	0	0	0
4	Pick-up, micro truck dan mobil hantaran	17	28,2797	365	0,5	1	0	0	0	0
6a	Truk 2 sumbu 4 roda	309	28,2797	365	0,5	1	0,55	0,5	877119,1	797381
6b	Truk 2 sumbu 6 roda	101	28,2797	365	0,5	1	5,3	9,2	2762706	4795640
CESA									3639825	5593021

Dari Tabel 5.4 didapat nilai CESA₄ adalah 3639825 dan CESA₅ adalah 5593021.

5.2.5 Tipe Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan berdasarkan hasil beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Standard Axle Load (CESA) yang diperoleh sebelumnya, maka dapat dilakukan penentuan jenis perkerasan pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Pertimbangan pemilihan jenis perkerasan

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

Dengan nilai $CESA_4$ sebesar 3639825 jika dimasukkan ke dalam Tabel 5.5, jenis perkerasan yang didapat adalah AC atau HRS tipis di atas lapis pondasi berbutir (Bagan Desain 3A) dengan (ESA pangkat 4).

5.2.6 Desain Tebal Perkerasan Jalan

Berdasarkan Tabel 5.5 desain perkerasan menggunakan Bagan Desain 3A, tetapi pada Bagan Desain 3A nilai $CES A_5$ tidak memenuhi, sehingga sebagai alternatif maka digunakan Bagan Desain 3B pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Bagan Desain - 3B. Desain perkerasan lentur – aspal dengan lapis pondasi berbutir (sebagai alternatif bagan desain 3 dan 3A)

	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA_5)	<2	≥2-4	>4-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100	>100-200
	Tebal Lapis Perkerasan								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300

Dengan nilai $CES A_5$ sebesar 5593021 jika dimasukkan ke dalam Tabel 5.6 maka didapat tebal perkerasan sebagai berikut.

AC-WC = 4 cm

AC-BC = 6 cm

AC-Base = 8 cm

LPA kelas A = 30 cm

Setelah diketahui tebal perkerasan maka perlu penyesuaian tebal lapis pondasi agregat kelas A dengan menggunakan Bagan Desain 3C seperti pada Tabel 5.7 berikut.

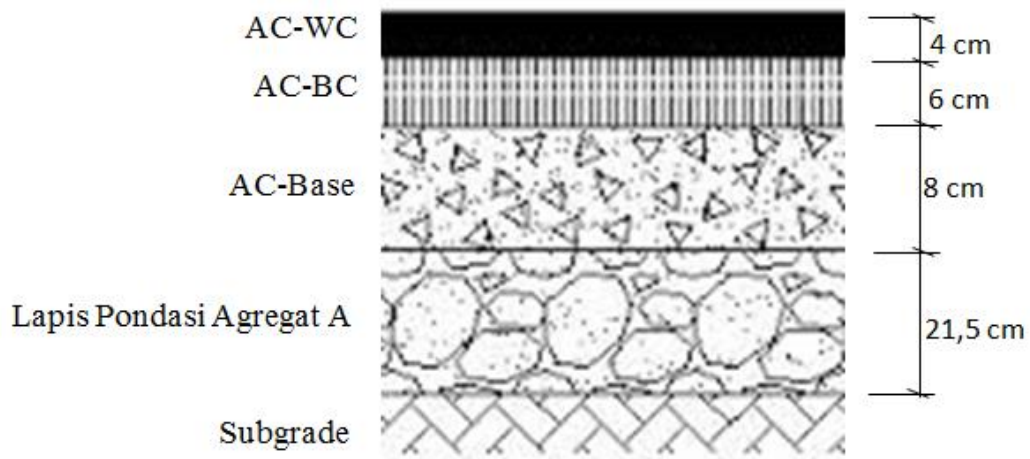
Tabel 5.7 Bagan Desain - 3C. Penyesuaian tebal lapis pondasi agregat A untuk tanah dasar $CBR \geq 7\%$ (hanya untuk bagan desain 3B)

	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA ₅)	<2	≥2-4	>4-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100	>100-200
Tebal LFA A (Penyesuaian Terhadap Bagan Desain 3B)									
Subgrade CBR ≥ 5,5-7	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7-10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

Dengan nilai CESA₅ sebesar 5593021 dan nilai CBR sebesar 7,76 % maka didapat tebal lapis pondasi kelas A menjadi 21,5 cm. Jadi tebal perkerasan lentur adalah sebagai berikut

- AC-WC = 4 cm
- AC-BC = 6 cm
- AC-Base = 8 cm
- LPA kelas A = 21,5 cm

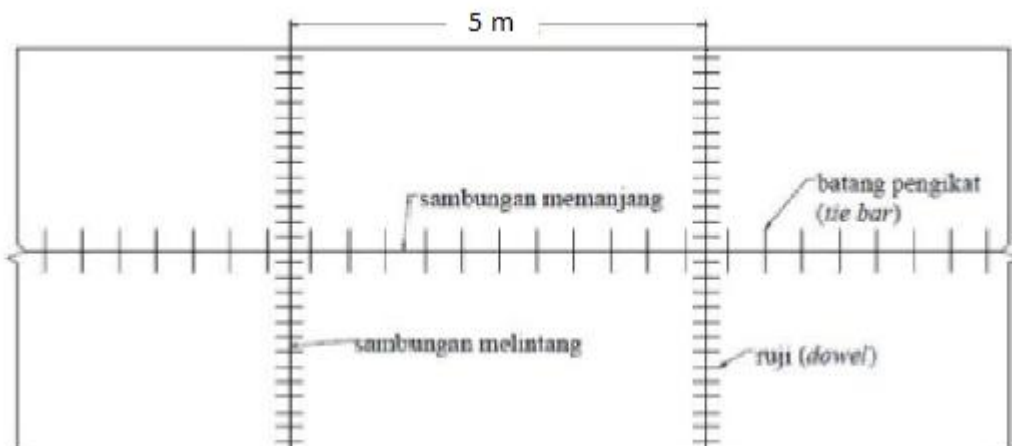
Hasil dari perencanaan perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Tebal lapis perkerasan lentur

5.3 Perencanaan Perkerasan Kaku

Pada penelitian ini digunakan jenis perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT). Pada perencanaan perkerasan kaku ini sambungan melintang menggunakan ruij atau dowel, sedangkan pada sambungan memanjang menggunakan batang pengikat atau tie bar. Jarak antar sambungan melintang atau panjang pelat beton digunakan 5 meter. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Tampak atas perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan

5.3.1 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Perencanaan perkerasan kaku didasarkan pada distribusi kelompok jumlah sumbu kendaraan niaga (JKSN), jadi kendaraan yang masuk dalam analisis perkerasan kaku adalah kendaraan berat (mempunyai berat minimum 5 ton). Sebaran kelompok kendaraan disesuaikan dengan klasifikasi kendaraan yang terdapat pada data LHR yang terdapat pada Tabel 5.2. Setelah itu data konfigurasi beban sumbu dan jumlah sunbu kendaraan dikelompokkan menjadi tiga yaitu Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT), Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG) dan Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG). Hasil analisis distribusi kelompok kendaraan niaga dapat dilihat dalam Tabel 5.8 berikut ini.



Tabel 5.8 Distribusi kelompok kendaraan niaga

Golongan	Jenis Kendaraan	P (ton)	Konfigurasi beban sumbu (ton)				Jml Kend (bh)	Jml sumbu per kend (bh)	Jml sumbu (bh)	STRT		STRG		STdRG	
			RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (ton)	BS (ton)	JS (ton)	BS (ton)	JS (ton)
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	2	1	1			4	-	-						
3	Oplet, Combi Dan Minibus	3,5	1,75	1,75			11	-	-						
4	Pick-Up, Micro Truck Dan Mobil Hantaran	4	2	2			17	-	-						
6a	Truk 2 Sumbu 4 Roda	8,3	2,822	5,478			309	2	618	2,822 5,478	309 309				
6b	Truk 2 Sumbu 6 Roda	18,2	6,188	12,012			101	2	202	6,188	101	12,012	101		
Total									820		719		101		

Dari Tabel 5.8 di atas jenis kendaraan yang dimasukkan dalam perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga adalah jenis kendaraan yang memiliki beban sumbu lebih dari 5 ton. Jadi pada penelitian ini yang masuk dalam perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga adalah Truk 2 Sumbu 4 Roda dan Truk 2 Sumbu 6 Roda.

Berdasarkan Tabel 5.6 nilai Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian adalah sebesar 820 buah. Selanjutnya menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan Persamaan 3.1 dengan laju pertumbuhan lalu lintas per tahun 3,5% dan umur rencana 20 tahun. Berikut perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas.

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \\
 &= \frac{(1+0,035)^{20}-1}{0,035} \\
 &= 28,2797
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menentukan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur (DL). Faktor distribusi arah (DD) pada penelitian ini adalah 0,5, karena jumlah kendaraan niaga cenderung sama di kedua arahnya. Faktor distribusi lajur (DL) didapat dari Tabel 3.3. Pada penelitian ini memiliki 1 lajur pada setiap arah, maka faktor distribusi lajur memiliki nilai 1.

Selanjutnya dapat diperoleh nilai jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana menggunakan Persamaan 3.4.

$$\begin{aligned}
 JSKN &= JSKNH \times 365 \times R \times DD \times DL \\
 &= 820 \times 365 \times 28,2797 \times 0,5 \times 1 \\
 &= 4232054,383
 \end{aligned}$$

5.3.2 Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi

Setelah nilai JSKN didapat maka selanjutnya dicari jumlah repetisi sumbu yang terjadi. Jumlah repetisi sumbu yang terjadi diperoleh dari penjumlahan masing-masing repetisi sesuai konfigurasi beban dan sumbu kendaraan. Perhitungan repetisi sumbu diperoleh dari Persamaan 3.12.

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

Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi

Jenis Sumbu	Beban sumbu (ton)	Jml sumbu	Proporsi beban	Proporsi sumbu	JSKN	Repetisi yang terjadi
STRT	2,822	309	0,430	0,877	4232054,383	1594761,957
	5,478	309	0,430	0,877	4232054,383	1594761,957
	6,188	101	0,140	0,877	4232054,383	521265,235
Jumlah		719	1			
STRTG	12,012	101	1	0,123	4232054,383	521265,235
Jumlah		101	1			
Total		820			Total Repetisi	4232054,383

5.3.3 Penentuan Tebal Taksiran Perkerasan Kaku

Setelah didapat nilai JKSN maka selanjutnya mencari tebal taksiran pelat perkerasan kaku. Penentuan tebal taksiran pelat beton memakai Bagan Desain 4 yang ada pada Tabel 3.4. Untuk penentuan tebal taksiran pelat beton membutuhkan parameter nilai JKSN yang sudah diketahui yaitu 4232054,383 atau $4,232 \times 10^6$. Tebal taksiran pelat dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

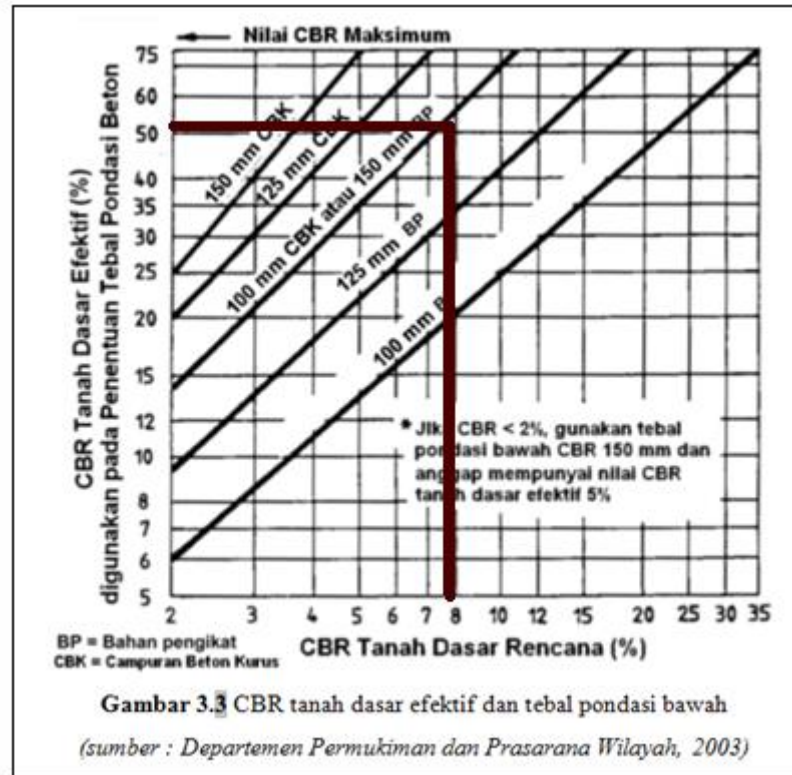
Tabel 5.10 Tebal taksiran pelat beton

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10^6)	<4,3	<8,6	<25,8	<43	<86
Dowel	Ya				
Struktur Perkerasan (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis pondasi LMC	100				

Berdasarkan Tabel 5.10 diperoleh tebal taksiran pelat beton yang digunakan adalah sebesar 265 mm dan tebal pondasi LMC atau beton kurus adalah 100 mm.

5.3.4 Penentuan CBR Tanah Dasar Efektif

Setelah diperoleh tebal pondasi maka selanjutnya mencari nilai CBR tanah dasar efektif. Untuk menentukan CBR tanah dasar efektif digunakan grafik hubungan CBR tanah dasar rencana dan tebal pondasi bawah pada Gambar 3.1. Penentuan CBR tanah dasar efektif dapat dilihat pada grafik Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Penentuan CBR tanah dasar efektif yang digunakan

Berdasarkan grafik Gambar 5.3 CBR tanah dasar rencana sebesar 7,76% serta jenis dan tebal pondasi yang sudah diperoleh sebelumnya maka didapat CBR tanah dasar efektif sebesar 50%.

5.3.5 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton

Menurut Pd T-14-2003 kekuatan beton harus dinyatakan dalam kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat didekati dengan Persamaan 3.3. Pada penelitian ini kuat tekan beton yang digunakan sebesar 30 MPa, sedangkan nilai

konstanta yang digunakan sebesar 0,75 (agregat pecah). Perhitungan kuat tarik lentur beton adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 f_{cf} &= K \times (f_c')^{0,5} \\
 &= 0,75 \times (30)^{0,5} \\
 &= 4,11 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

5.3.6 Perhitungan Beban Rencana per Roda

Beban rencana per roda digunakan untuk perhitungan analisis fatik dan erosi sebagai salah satu data yang dimasukkan dalam nomogram fatik dan erosi. Berdasarkan itu maka perlu dicari beban rencana per roda. Dalam Tabel 5.7 beban sumbu dan jumlah sumbu masing-masing kendaraan sudah diketahui.

Beban rencana per roda didapat dari hasil pembagian antara beban sumbu dengan jumlah roda pada satu sumbu tersebut dikalikan dengan faktor keamanan beban yang terdapat pada Tabel 3.12. Perhitungan beban rencana per roda dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Perhitungan beban rencana per roda

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (Ton)	Beban Sumbu (kN)	Jumlah Roda (buah)	Faktor keamanan beban	Beban Rencana per Roda (kN)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = (c/d) \times e$
STRT	2,822	28,22	2	1,1	15,521
	5,478	54,78	2	1,1	30,129
	6,188	61,88	2	1,1	34,034
STRG	12,012	120,12	4	1,1	33,033

5.3.7 Analisis Kerusakan Akibat Fatik pada Perkerasan Kaku

Untuk menentukan apakah tebal perkerasan bisa digunakan atau tidak maka perlu dilakukan analisis kerusakan akibat fatik. Analisa kerusakan akibat fatik terlebih dahulu dicari tegangan rasio dan faktor rasio tegangan sesuai dengan sumbu kendaraanya yang pada penelitian ini hanya ada STRT dan STRG. Nilai tegangan ekuivalen diperoleh dari Lampiran 1 dan didapat nilai tegangan ekuivalen

pada jenis sumbu kendaraan STRT dan STRG dengan tebal perkerasan 270 mm serta CBR efektif 50% adalah 0,58 dan 0,95.

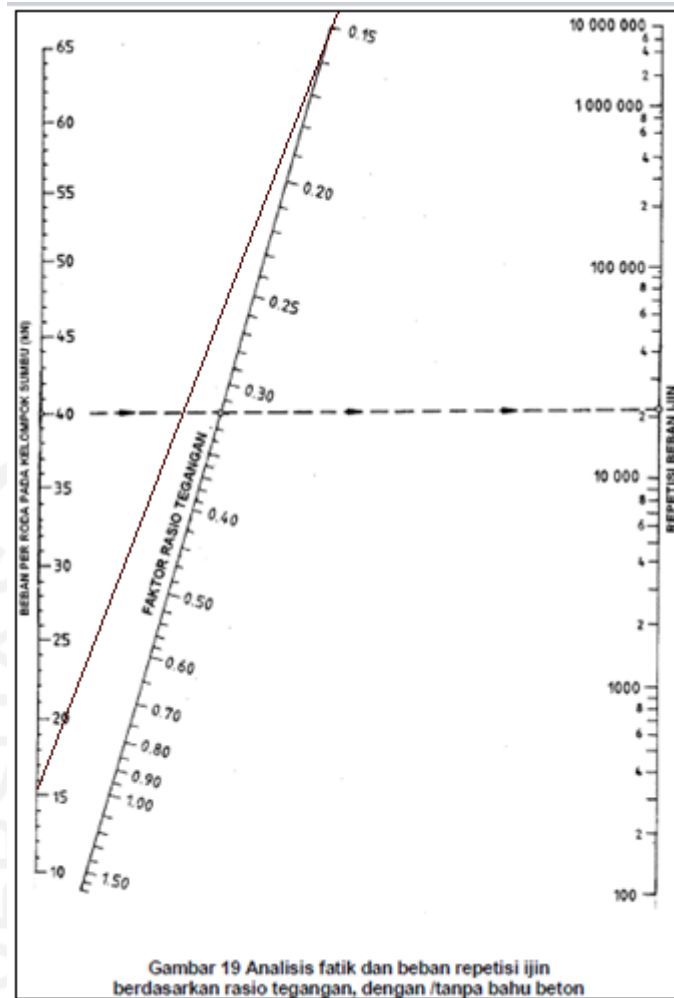
Setelah diketahui tegangan ekuivalen maka selanjutnya dicari faktor rasio tegangan (FRT) menggunakan Persamaan 3.8. Perhitungan Faktor Rasio Tegangan dilakukan pada setiap jenis sumbu kendaraan yang akan dipakai dalam analisis. Perhitungan Faktor Rasio Tegangan dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Perhitungan faktor rasio tegangan sesuai jenis sumbu kendaraan

Jenis sumbu	Tegangan ekuivalen	f_{cf}	Faktor rasio tegangan
a	b	c	$d = b/c$
STRT	0,58	4,11	0,14
STRG	0,95	4,11	0,23

Setelah diperoleh Faktor Rasio Tegangan (FRT) maka selanjutnya dicari jumlah repetisi beban sumbu yang diperbolehkan. Repetisi ijin untuk analisa fatik diperoleh dari nomogram yang ada di Lampiran 2.

Dalam penelitian ini untuk mencari repetisi ijin sumbu STRT pada beban rencana per roda 15,521 kN dan FRT 0,14 memakai nomogram yang akan ditampilkan pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Contoh penentuan repetisi beban ijin akibat fatik jenis sumbu STRT

Dari nomogram tersebut garis mengarah jauh pada angka repetisi ijin maksimal. Berdasarkan itu maka jumlah repetisi beban ijin akibat fatik adalah tidak terbatas (TT). Untuk beban repetisi ijin selanjutnya dapat dicari dengan cara yang sama.

Dalam Tabel 5.13 berikut ditampilkan rekapitulasi repetisi beban ijin sesuai jenis sumbu yang dicari.

Tabel 5.13 Repetisi beban jjin untuk fatik yang digunakan

Jenis Sumbu	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi beban ijin
STRT	15,521	TT
	30,129	TT
	34,034	TT
STRG	33,033	TT

Setelah repetisi beban ijin untuk fatik sudah diketahui, maka selanjutnya bisa dicari persentase kerusakan akibat fatik menggunakan Persamaan 3.16. Perhitungan persen kerusakan akibat fatik dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Perhitungan persen total kerusakan akibat fatik sesuai jenis sumbu

Jenis Sumbu	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi sumbu yang terjadi	Repetisi beban ijin	Kerusakan akibat fatik (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$e = c/d * 100\%$
STRT	15,521	1594761,96	TT	0
	30,129	1594761,96	TT	0
	34,034	521265,235	TT	0
STRG	33,033	521265,235	TT	0
Total				0

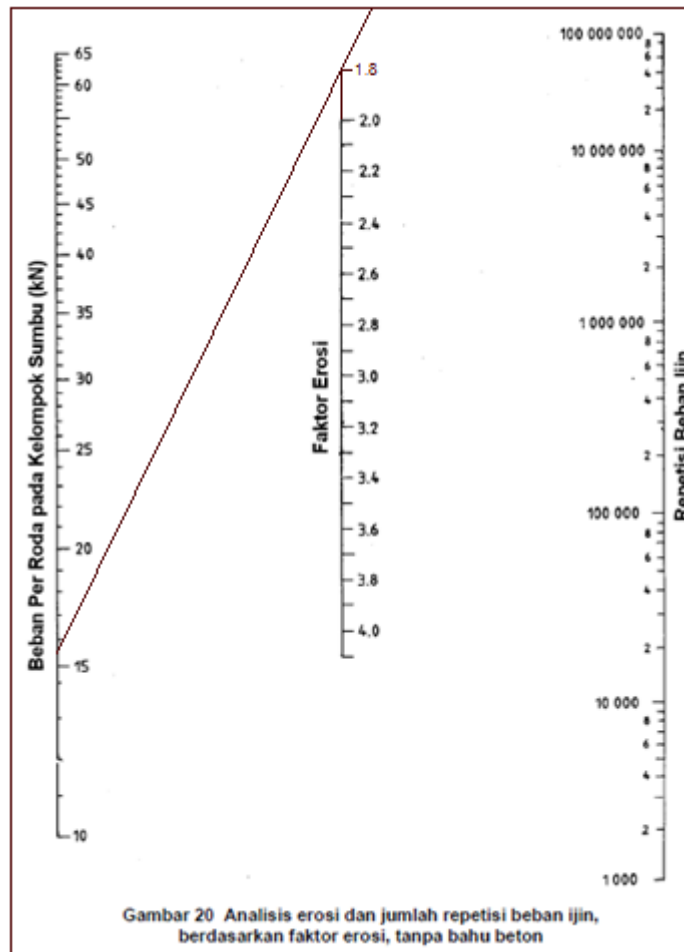
Berdasarkan perhitungan tersebut didapat persen total kerusakan akibat fatik yang terjadi adalah 0%.

5.3.8 Analisis Kerusakan Akibat Erosi pada Perkerasan Kaku

Untuk menentukan apakah tebal perkerasan bisa digunakan atau tidak maka perlu dilakukan analisis kerusakan akibat erosi. Analisa kerusakan akibat erosi terlebih dahulu dicari faktor erosi sesuai dengan sumbu kendaraanya yang pada penelitian ini hanya ada STRT dan STRG. Faktor erosi diperoleh dari Lampiran 1 dan didapat faktor erosi pada jenis sumbu kendaraan STRT dan STRG dengan tebal perkerasan 270 mm serta CBR efektif 50% adalah 1,8 dan 2,4.

Setelah diperoleh faktor erosi maka selanjutnya dicari jumlah repetisi beban ijin sumbu yang diperbolehkan. Repetisi ijin untuk analisa erosi diperoleh dari nomogram yang ada di Lampiran 3.

Dalam penelitian ini untuk mencari repetisi ijin sumbu STRT pada beban rencana per roda 15,521 kN dan faktor erosi 1,8 memakai nomogram yang akan ditampilkan pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Contoh penentuan repetisi beban ijin akibat erosi jenis sumbu STRT

Dari nomogram tersebut garis mengarah jauh pada angka repetisi ijin maksimal. Berdasarkan itu maka jumlah repetisi beban ijin akibat erosi adalah tidak terbatas (TT). Untuk beban repetisi ijin selanjutnya dapat dicari dengan cara yang sama.

Dalam Tabel 5.15 berikut ditampilkan rekapitulasi repetisi beban ijin sesuai jenis sumbu yang dicari.

Tabel 5.15 Repetisi Beban Ijin untuk Erosi yang digunakan

Jenis Sumbu	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi beban ijin
STRT	15,521	TT
	30,129	TT
	34,034	TT
STRG	33,033	28000000

Setelah repetisi beban ijin untuk erosi sudah diketahui, maka selanjutnya bisa dicari persentase kerusakan akibat erosi menggunakan Persamaan 3.16. Perhitungan persen kerusakan akibat erosi dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Perhitungan persen total kerusakan akibat erosi sesuai jenis sumbu

Jenis Sumbu	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi sumbu yang terjadi	Repetisi beban ijin	Kerusakan akibat erosi (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$e = c/d * 100\%$
STRT	15,521	1594761,96	TT	0
	30,129	1594761,96	TT	0
	34,034	521265,235	TT	0
STRG	33,033	521265,235	28000000	1,86
Total				1,86

Berdasarkan perhitungan tersebut didapat persen total kerusakan akibat erosi yang terjadi adalah 1,86%.

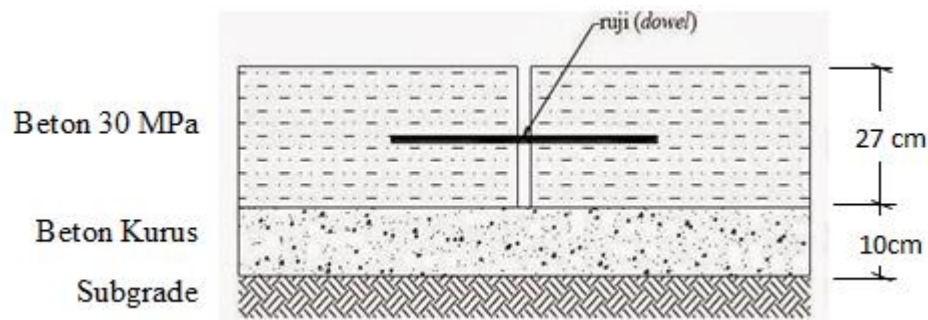
5.3.9 Penentuan Tebal Perkerasan Kaku

Penentuan tebal perkerasan kaku menggunakan metode *trial and error* yang dilihat dari total persentase kerusakan akibat fatik dan erosi. Tabel 5.17 berikut akan menampilkan rekapitulasi persen total kerusakan akibat fatik dan erosi dengan tebal perkerasan kaku 270 mm.

Tabel 5.17 Rekapitulasi hasil analisis fatik dan erosi tebal perkerasan 270 mm

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Beban Rencana per roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisis Fatik		Analisis Erosi	
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
STRT	28,22	15,521	1594761,957	TE = 0,58	TT	0	TT	0
	54,78	30,129	1594761,957	FRT = 0,14	TT	0	TT	0
	61,88	34,034	521265,235	FE = 1,8	TT	0	TT	0
STRG	120,12	33,033	521265,235	TE = 0,95 FRT = 0,23 FE = 2,4	TT	0	28000000	1,86
Total					Total	0	Total	1,86

Dari tabel tersebut dapat dilihat pada penelitian ini tebal perkerasan kaku 270 mm sudah memenuhi syarat karena persentase kerusakan akibat fatik kurang dari 100% yaitu 0% dan persentase kerusakan akibat erosi juga kurang dari 100% yaitu 1,862%. Jika persentase kerusakan akibat fatik dan persentase kerusakan akibat erosi sudah memenuhi syarat berarti tidak perlu melakukan analisis dengan *trial and error*. Tebal perkerasan kaku sudah bisa ditentukan yaitu 270 mm. Hasil perencanaan perkerasan kaku dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Tebal lapis perkerasan kaku

5.3.10 Perhitungan Kebutuhan Batang pengikat dan Ruji

Seperti diketahui pada penelitian ini menggunakan jenis perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) di mana hanya ada batang pengikat (*tie bar*) yang diletakkan pada sambungan memanjang dan ruji (*dowel*) yang diletakkan pada sambungan melintang.

Menurut Pd T-14-2003 batang pengikat pada sambungan memanjang berdiameter 16 mm dan berjarak 750 mm. Panjang batang pengikat dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.6.

$$\begin{aligned}
 l &= (38,3 \times \varphi) + 75 \\
 l &= (3,83 \times 16) + 75 \\
 l &= 687,800 \approx 700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sementara menurut Pd T-14-2003 untuk ruji pada sambungan melintang memiliki panjang 450 mm dan jarak 300 mm, sedangkan untuk diameter ditentukan dengan Tabel 3.13 didapat 36 mm. Rekapitulasi diameter, panjang dan

jarak antar tulangan pada batang pengikat dan ruji dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Kebutuhan Batang Pengikat (*Tie Bar*) dan Ruji (*Dowel*)

Parameter	Batang Pengikat	Ruji
Diameter (mm)	16	36
Panjang (mm)	700	300
Jarak (mm)	750	450

5.4 Analisis Biaya Konstruksi

Pada subbab ini akan menjelaskan tentang biaya konstruksi pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Biaya konstruksi merupakan biaya pembangunan awal pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

5.4.1 Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur

Dari data eksisting yang didapat, kemudian direncanakan kembali perkerasan kembali dengan desain sebagai berikut.

Panjang Jalan	: 1,1 Km (tetap)
Lebar Jalur Lalu Lintas	: 6,00 m
Kecepatan Rencana	: 40-60 Km/Jam
Jenis Perkerasan	: <i>Flexible Pavement</i>
Perkerasan Rencana	:
AC-WC	= 4 cm
AC-BC	= 6 cm
AC-Base	= 8 cm
LPA kelas A	= 21,5 cm
Jenis Perkerasan Bahu	: Agregat Kelas S
Lebar Bahu Jalan	: 1,00 m

Selanjutnya untuk analisis biaya konstruksi dibutuhkan harga satuan upah pekerja, material, dan alat yang diperoleh dari Peraturan Gubernur (PERGUB) DIY No. 40 Tahun 2018 tentang Standar Harga Barang dan Jasa Daerah yang

terlampir pada Lampiran 5. Setelah diketahui harga satuan upah pekerja, material, dan alat maka biaya konstruksi dapat dicari dengan membagi pekerjaan kedalam 10 divisi Pekerjaan sesuai dengan Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Marga.

Berikut akan diberikan satu contoh perhitungan AHSP dan volume pada Divisi 6 Perkerasan Aspal yaitu pekerjaan Laston Lapis Aus AC-WC. Komponen-komponen yang diperlukan adalah upah pekerja, material dan alat. Pada Tabel 5.19 berikut akan ditampilkan komponen dan koefisien pada upah pekerja, material dan alat.

Tabel 5.19 Komponen dan koefisien upah pekerja, material dan alat pada pekerjaan laston lapis aus AC-WC

No.	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas
A.	Tenaga		
1.	Pekerja	Jam	0,2008
2.	Mandor	Jam	0,0201
B.	Bahan		
1.	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	m ³	0,2978
2.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	m ³	0,3539
3	Semen	Kg	10,5000
4	Aspal	Kg	59,7400
C.	Peralatan		
1.	Wheel Loader	Jam	0,0096
2.	AMP	Jam	0,0201
3.	Generator set	Jam	0,0201
4.	Dump Truck	Jam	0,1481
5.	Asp. Finisher	Jam	0,0137
6.	Tandem Roller	Jam	0,0135
7	P. Tyre Roller	Jam	0,0058
8	Alat Bantu	Ls	1,0000

Setelah diperoleh koefisien tersebut maka selanjutnya dapat diperoleh AHSP Laston Lapis Aus AC-WC dengan mengalikan koefisien-koefisien tersebut dengan harga satuan. Selanjutnya hasil perkalian tersebut dijumlahkan. Pada

Tabel 5.20 berikut akan menampilkan hasil AHSP pada pekerjaan laston lapis aus AC-WC.

Tabel 5.20 AHSP laston lapis aus AC-WC

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,2008	10.125,00	2.033,13
2.	Mandor	Jam	0,0201	12.267,86	246,34
JUMLAH HARGA TENAGA					2.279,48
B.	Bahan				
1.	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	m ³	0,2978	121.882,30	36.302,04
2.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	m ³	0,3539	156.205,74	55.284,89
3.	Semen	Kg	10,5000	1.020,00	10.710,00
4.	Aspal	Kg	59,7400	17.000,00	1.015.580,00
JUMLAH HARGA BAHAN					1.117.876,93
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	Jam	0,0096	240.640,90	2.303,27
2.	AMP	Jam	0,0201	4.785.421,02	96.092,79
3.	Generator set	Jam	0,0201	274.087,79	5.503,77
4.	Dump Truck	Jam	0,1481	120.639,54	17.870,71
5.	Asp. Finisher	Jam	0,0137	186.024,30	2.555,71
6.	Tandem Roller	Jam	0,0135	137.959,31	1.865,75
7.	P. Tyre Roller	Jam	0,0058	155.965,90	904,98
8.	Alat Bantu	Ls	1,0000	1.000,00	1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					128.096,99
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				1.248.253,39
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				187.238,01
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				1.435.491,40

Berdasarkan Tabel 5.20 diketahui AHSP Laston Lapis Aus AC-WC sebesar Rp 1.435.491,40 per ton. Selanjutnya untuk mengetahui besar biaya untuk pekerjaan Laston Lapis Aus AC-WC maka perlu dihitung volume pekerjaan tersebut. Perhitungan volume pekerjaan didasarkan pada gambar potongan melintang rencana yang terlampir pada Lampiran 8.

Seperti yang sudah diketahui perkerasan jalan yang direncanakan mempunyai lebar jalan 6 m dan tebal Laston Lapis Aus AC-WC 4 cm. Luas penampang perkerasan yang didapat dari aplikasi AutoCAD adalah sebesar 0,2401 m². Karena satuan satuan AHSP Laston Lapis Aus AC-WC adalah per ton maka perhitungan volume perlu dikalikan dengan massa jenis aspal yang sudah

diketahui sebesar 2,30 ton/m³. Volume pekerjaan Laston Lapis Aus AC-WC adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan} &= 1100 \text{ m} \times 0,2401 \text{ m}^2 \times 2,30 \text{ ton/m}^3 \\ &= 607,45 \text{ ton} \end{aligned}$$

Setelah diketahui volume pekerjaan Laston Lapis Aus AC-WC maka bisa dicari biaya pekerjaan Laston Lapis Aus AC-WC dengan mengalikan volume pekerjaan dengan AHSP Laston Lapis Aus AC-WC. Biaya pekerjaan Laston Lapis Aus AC-WC adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Biaya pekerjaan} &= 607,45 \text{ ton} \times \text{Rp } 1.435.491,40 /\text{ton} \\ &= \text{Rp } 871.993.559,16 \end{aligned}$$

Selanjutnya prosedur serupa juga diterapkan untuk menghitung pada pekerjaan lainnya. Analisis AHSP dan volume pekerjaan lainnya dilampirkan pada Lampiran 9 untuk analisis AHSP dan Lampiran 10 untuk analisis volume pekerjaan perkerasan lentur. Setelah AHSP dan volume setiap pekerjaan diketahui maka selanjutnya bisa diperoleh total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan yang akan ditampilkan pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan perkerasan lentur

No.	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f = (d x e)</i>
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	LS	1,0	31.450.000	31.450.000,00
1.2	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	LS	1,0	17.775.000	17.775.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 1					49.225.000,00
DIVISI 2. DRAINASE					
2.1	Saluran berbentuk U (0.60 x 0.80 m precast)	M ¹	2.200,0	1.133.926,00	2.494.637.200
2.2	Lantai kerja Beton mutu rendah fc' 10 Mpa	M ³	88,0	850.218,04	74.819.187,34
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 2					2.569.456.387,34

Lanjutan Tabel 5.21 Total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan perkerasan lentur

No.	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = (d \times e)$
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1	Galian Biasa	M ³	1.672,0	22.771,21	38.073.463,12
3.2	Timbunan Pilihan dari galian	M ³	407,2	114.527,78	46.638.004,38
3.3	Pembuangan Galian	M ³	1.264,8	51.796,51	65.511.191,70
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3					150.222.659,20
DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN					
4.1	Lapis Agregat Kelas S	M ³	396,7	379.240,10	150.429.379,30
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 4					150.429.379,30
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN					
5.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M ³	1.419,7	366.936,84	520.925.559,50
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5					520.925.559,50
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL					
6.1	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair 0,4-1,3 ltr/m ²	Liter	3.300,0	18.125,91	59.815.515,38
6.2	Lapis Perekat - Aspal Cair 0,15 ltr/m ²	Liter	1.980,0	19.317,99	38.249.620,20
6.3	Laston Lapis Aus (AC-WC)	Ton	607,5	1.435.491,40	871.993.559,16
6.4	Laston Lapis Antara (AC-BC)	Ton	911,3	1.353.357,07	1.233.322.416,49
6.5	Laston Lapis Pondasi (AC-Base)	Ton	1.214,9	1.235.248,89	1.500.711.285,47
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6					3.704.092.396,71
DIVISI 7. STRUKTUR					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7					0
DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR					
8.1	Marka Jalan Termoplastik	M ²	313,7	269.964,08	84.682.332,32
8.2	Patok Kilometer	Buah	4,0	300.000,00	1.200.000,00
8.3	Patok Hektometer	Buah	16,0	250.000,00	4.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 8					89.882.332,32

Selanjutnya Tabel 5.22 berikut adalah rekapitulasi jumlah harga pekerjaan sesuai masing-masing divisi.

Tabel 5.22 Rekapitulasi jumlah harga pekerjaan perkerasan lentur

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan
1	Umum	49.225.000,00
2	Drainase	2.569.456.387,34
3	Pekerjaan Tanah	150.222.659,20
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	150.429.379,30
5	Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen	520.925.559,50
6	Perkerasan Aspal	3.704.092.396,71
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	89.882.332,32
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)	7.234.233.714,37
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	723.423.371,44
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	7.957.657.085,81

Hasil analisis biaya konstruksi total perkerasan lentur adalah Rp 7.957.657.085,81 dengan panjang jalan 1,1 km. Sebagai perbandingan pada perencanaan yang dilakukan Dinas PUPKP Kabupaten Sleman untuk ruas jalan Karangpakis-Grogolan yang ada di kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman dengan panjang 2 km memiliki biaya konstruksi sebesar Rp 9.500.000.484,00. Jika dikonversikan menjadi per km maka pada penelitian ini memiliki biaya konstruksi sebesar Rp 7.234.233.714,37/km sedangkan pada ruas jalan Karangpakis-Grogolan sebesar Rp 4.750.000.242,00/km. Biaya konstruksi tersebut memiliki selisih Rp 2.484.233.472,37/km. Selisih tersebut dikarenakan oleh harga dasar satuan bahan yang berbeda di mana pada penelitian ini harga dasar satuan bahan menggunakan harga dari Standar Harga Barang dan Jasa Provinsi DIY yang merupakan harga tertinggi, sedangkan pada ruas jalan Karangpakis-Grogolan menggunakan harga dasar satuan bahan yang mengikuti harga di lapangan. Selain itu selisih harga tersebut diakibatkan oleh lebar perkerasan yang berbeda di mana pada penelitian ini lebar perkerasan 5,5 m sedangkan pada ruas jalan Karangpakis-Grogolan lebar perkerasan 4 m.

5.4.2 Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku

Dari data eksisting yang didapat, kemudian direncanakan kembali perkerasan kembali dengan desain sebagai berikut.

Panjang Jalan	: 1,1 Km (tetap)
Lebar Jalur Lalu Lintas	: 6,00 m
Kecepatan Rencana	: 40-60 Km/Jam
Jenis Perkerasan	: <i>Rigid Pavement</i> – Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)
Jenis Perkerasan Rencana	: Beton 30 MPa 27 cm
Jenis Pondasi Bawah	: <i>Lean Mix Concrete</i> (LMC) – Beton Kurus 10 cm
Jenis Perkerasan Bahu	: Agregat Kelas S
Lebar Bahu Jalan	: 1,00 m

Selanjutnya untuk analisis biaya konstruksi dibutuhkan harga satuan upah pekerja, material, dan alat yang diperoleh dari Peraturan Gubernur (PERGUB) DIY No. 40 Tahun 2018 tentang Standar Harga Barang dan Jasa Daerah yang terlampir pada Lampiran 5. Setelah diketahui harga satuan upah pekerja, material, dan alat maka biaya konstruksi dapat dicari dengan membagi pekerjaan ke dalam 10 divisi Pekerjaan sesuai dengan Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Marga.

Berikut akan diberikan satu contoh perhitungan AHSP dan volume pada Divisi 5 Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen yaitu pekerjaan Perkerasan Beton Semen. Komponen-komponen yang diperlukan adalah upah pekerja, material dan alat. Pada Tabel 5.23 berikut akan ditampilkan komponen dan koefisien pada upah pekerja, material dan alat.

Tabel 5.23 Komponen dan koefisien upah pekerja, material dan alat pada pekerjaan perkerasan beton semen

No.	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas
A.	Tenaga		
1.	Pekerja	Jam	1,4056
2.	Tukang	Jam	0,7028
3.	Mandor	Jam	0,1506
B.	Bahan		
1.	Semen	Kg	467,4000
2.	Pasir	m ³	0,6237
3.	Agregat Kasar	m ³	0,7885
4.	Kayu Acuan	m ³	0,2880
5.	Joint Sealent	Kg	0,9900
6.	Cat Anti Karat	Kg	0,0200
7.	Expansion Cap	m ²	0,1700
8.	Polytene 125 mikron	Kg	0,3281
9.	Curing Compound	Ltr	0,6525
10.	Formwork Plate	m ²	0,5700
11.	Paku	Kg	0,3500
12.	Additive	Ltr	0,8568
C.	Peralatan		
1.	Wheel Loader	jam	0,0244
2.	Batching Plant	jam	0,0502
3.	Truck Mixer	jam	0,0905
4.	Con. Vibrator	jam	0,0502
5.	Water Tank Truck	jam	0,0422
6.	Conc. Paver	jam	0,0074
7.	Alat Bantu	Ls	1,0000

Setelah diperoleh koefisien tersebut maka selanjutnya dapat diperoleh AHSP Perkerasan Beton Semen dengan mengalikan koefisien-koefisien tersebut dengan harga satuan. Selanjutnya hasil perkalian tersebut dijumlahkan. Pada Tabel 5.24 berikut akan menampilkan hasil AHSP pada Pekerjaan Perkerasan Beton Semen.

Tabel 5.24 AHSP perkerasan beton semen

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. Tenaga					
1.	Pekerja	Jam	1,4056	10.125,00	14.231,93
2.	Tukang	Jam	0,7028	11.553,57	8.119,98
3.	Mandor	Jam	0,1506	12.267,86	1.847,57
JUMLAH HARGA TENAGA					24.199,48
B. Bahan					
1.	Semen	Kg	467,4000	1.020,00	476.748,00
2.	Pasir	m ³	0,6237	320.000,00	199.575,38
3.	Agregat Kasar	m ³	0,7885	205.862,45	162.326,22
4.	Kayu Acuan	m ³	0,2880	1.250.000,00	360.000,00
5.	Joint Sealent	Kg	0,9900	38.000,00	37.620,00
6.	Cat Anti Karat	Kg	0,0200	46.000,00	920,00
7.	Expansion Cap	m ²	0,1700	14.000,00	2.380,00
8.	Polytene 125 mikron	Kg	0,3281	22.000,00	7.218,75
9.	Curing Compound	Ltr	0,6525	65.000,00	42.412,50
10.	Formwork Plate	m ²	0,5700	750.000,00	427.500,00
11.	Paku	Kg	0,3500	26.000,00	9.100,00
	Additive	Ltr	0,8568	108.000,00	92.534,40
JUMLAH HARGA BAHAN					1.818.335,25
C. Peralatan					
1.	Wheel Loader	jam	0,0244	240.640,90	5.874,37
2.	Batching Plant	jam	0,0502	1.592.152,78	79.927,35
3.	Truck Mixer	jam	0,0905	378.548,61	34.252,87
4.	Con. Vibrator	jam	0,0502	44.668,63	2.242,40
5.	Water Tank Truck	jam	0,0422	138.713,18	5.849,35
6.	Conc. Paver	jam	0,0074	39.440,77	293,33
7.	Alat Bantu	Ls	1,0000	1.000,00	1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					129.439,67
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				1.971.974,40
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				295.796,16
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				2.267.770,56

Berdasarkan Tabel 5.24 diketahui AHSP Perkerasan Beton Semen sebesar Rp 2.267.770,56 per m³. Selanjutnya untuk mengetahui besar biaya untuk pekerjaan Perkerasan Beton Semen maka perlu dihitung volume pekerjaan tersebut. Perhitungan volume pekerjaan didasarkan pada gambar potongan melintang rencana yang terlampir pada Lampiran 8.

Seperti yang sudah diketahui perkerasan jalan yang direncanakan mempunyai lebar jalan 6 m dan tebal Perkerasan Beton Semen 27 cm. Luas penampang perkerasan yang didapat dari aplikasi AutoCAD adalah sebesar 1,6212 m². Volume pekerjaan Perkerasan Beton Semen adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan} &= 1100 \text{ m} \times 1,6212 \text{ m}^2 \\ &= 1.783,32 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Setelah diketahui volume pekerjaan Perkerasan Beton Semen maka bisa dicari biaya pekerjaan Perkerasan Beton Semen dengan mengalikan volume pekerjaan dengan AHSP Perkerasan Beton Semen. Biaya pekerjaan Perkerasan Beton Semen adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Biaya pekerjaan} &= 1.783,32 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 2.267.770,56 /\text{m}^3 \\ &= \text{Rp } 4.044.160.586,61\end{aligned}$$

Selanjutnya prosedur serupa juga diterapkan untuk menghitung pada pekerjaan lainnya. Analisis AHSP dan volume pekerjaan lainnya dilampirkan pada Lampiran 9 untuk analisis AHSP dan Lampiran 11 untuk analisis volume pekerjaan perkerasan kaku. Setelah AHSP dan volume setiap pekerjaan diketahui maka selanjutnya bisa diperoleh total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan yang akan ditampilkan pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan perkerasan kaku

No.	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f = (d x e)</i>
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	LS	1,0	23.165.000	23.165.000,00
1.2	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	LS	1,0	17.775.000	17.775.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 1					40.940.000,00
DIVISI 2. DRAINASE					
2.1	Saluran berbentuk U (0.60 x 0.80 m precast)	M ¹	2.200,0	1.133.926,00	2.494.637.200
2.2	Lantai kerja Beton mutu rendah fc'10 Mpa	M ³	88,0	850.218,04	74.819.187,34
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 2					2.569.456.387,34
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1	Galian Biasa	m ³	1.672,0	22.771,21	38.073.463,12
3.2	Timbunan Pilihan dari galian	m ³	153,8	114.527,78	17.561.690,47
3.3	Pembuangan Galian	m ³	1.518,7	51.796,51	78.661.290,02
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3					134.296.443,61

Lanjutan Tabel 5.25 Total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan perkerasan kaku

No.	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = (d \times e)$
DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN					
4.1	Lapis Agregat Kelas S	m ³	595,1	379.240,10	225.685.785,36
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 4					225.685.785,36
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN					
5.1	Perkerasan Beton Semen fc'30 Mpa	m ³	1.783,3	2.267.770,56	4.044.160.586,61
5.2	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	m ³	660,3	1.121.163,61	740.337.967,40
5.3	Tulangan tie bar	kg	10.964,1	29.474,91	323.166.838,48
5.4	Tulangan ruji	kg	25.282,8	29.474,91	745.207.864,15
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5					5.852.873.256,64
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6					0
DIVISI 7. STRUKTUR					
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7					0
DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR					
8.1	Marka Jalan Termoplastik	M ²	313,7	269.964,08	84.682.332,32
8.2	Patok Kilometer	Buah	4,0	300.000,00	1.200.000,00
8.3	Patok Hektometer	Buah	16,0	250.000,00	4.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 8					89.882.332,32

Selanjutnya Tabel 5.26 berikut adalah rekapitulasi jumlah harga pekerjaan sesuai masing-masing divisi.

Tabel 5.26 Rekapitulasi jumlah harga pekerjaan perkerasan kaku

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan
1	Umum	40.940.000,00
2	Drainase	2.569.456.387,34
3	Pekerjaan Tanah	134.296.443,61
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	225.685.785,36
5	Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen	5.852.873.256,64
6	Perkerasan Aspal	0,00
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	89.882.332,32
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)	8.913.134.205,27
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	891.313.420,53
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	9.804.447.625,80

Hasil analisis biaya konstruksi perkerasan kaku adalah Rp 9.804.447.625,80 dengan panjang jalan 1,1 km. Sebagai perbandingan pada perencanaan yang dilakukan Dinas PUPKP Kabupaten Sleman untuk ruas jalan yang sama yaitu ruas Jalan Balong-Plosokerep yang ada di kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman dengan panjang sama yaitu 1,1 km memiliki biaya konstruksi sebesar Rp 7.994.651.431,00. Jika dikonversikan menjadi per km maka pada penelitian ini memiliki biaya konstruksi sebesar Rp 8.913.134.205,27/km sedangkan pada perencanaan yang dilakukan Dinas PUPKP Kabupaten Sleman untuk ruas jalan yang sama sebesar Rp 7.267.864.937,27/km. Biaya konstruksi tersebut memiliki selisih Rp 1.645.269.268,00/km. Selisih tersebut dikarenakan oleh harga dasar satuan bahan yang berbeda di mana pada penelitian ini harga dasar satuan bahan menggunakan harga dari Standar Harga Barang dan Jasa Provinsi DIY yang merupakan harga tertinggi, sedangkan pada ruas jalan yang direncanakan Dinas PUPKP Kabupaten Sleman menggunakan harga dasar satuan bahan yang mengikuti harga di lapangan. Selain itu selisih harga tersebut diakibatkan oleh lebar perkerasan yang berbeda di mana pada penelitian ini lebar perkerasan 6 m sedangkan pada ruas jalan yang direncanakan Dinas PUPKP Kabupaten Sleman lebar perkerasan 5,5 m.

5.5 Analisis Biaya Tahunan

Pada subbab ini akan menjelaskan tentang biaya yang dikeluarkan setiap tahun. Analisis biaya tahunan pada penelitian ini adalah biaya perawatan dan biaya rehabilitasi jalan pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

5.5.1 Biaya Perawatan dan Rehabilitasi Perkerasan Lentur

Untuk menentukan biaya perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur perlu terlebih dahulu menentukan rencana perawatan dan rehabilitasi dari jalan tersebut. Rencana perawatan dan rehabilitasi jalan pada penelitian ini mengacu pada arahan yang diberikan oleh Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman melalui wawancara.

Perawatan jalan yang direncanakan pada perkerasan lentur adalah pembersihan bahu jalan dan drainase yang dilakukan satu tahun sekali, pengecatan

marka yang dilakukan 2 tahun sekali dan penambalan jalan yang dilakukan satu tahun sekali. Sedangkan rehabilitasi jalan yang direncanakan pada perkerasan lentur adalah overlay dengan tebal lapisan 4 cm yang dilakukan 10 tahun sekali. Periode rencana perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5.27 Periode rencana perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur

No	Pekerjaan	Periode	Keterangan	Sumber
1	Pembersihan bahu jalan dan drainase	1 tahun sekali	Perawatan	Dinas PUPKP Kabupaten Sleman
2	Penambalan jalan	1 tahun sekali	Perawatan	Dinas PUPKP Kabupaten Sleman
3	Pengcatan Marka termoplastik	2 tahun sekali	Perawatan	Peraturan Menteri Perhubungan PM 34 2014
4	Overlay 4 cm	10 tahun sekali	Rehabilitasi	Dinas PUPKP Kabupaten Sleman

Rencana perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Rencana perawatan dan rehabilitasi jalan pada perkerasan lentur

Tahun	Kegiatan	Keterangan
1	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
2	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
3	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
4	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
5	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
6	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
7	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan

Lanjutan Tabel 5.28 Rencana perawatan dan rehabilitasi jalan pada perkerasan lentur

Tahun	Kegiatan	Keterangan
8	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
9	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
10	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
	Overlay 4 cm	Rehabilitasi
11	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
12	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
13	Penambalan jalan	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
14	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
15	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
16	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
17	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
18	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
19	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penambalan jalan	Perawatan
20	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
	Overlay 4 cm	Rehabilitasi

Untuk menghitung biaya perawatan dan rehabilitasi terlebih dahulu dihitung volume pekerjaannya. Volume pekerjaan pada kegiatan perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.29 Volume perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur

No	Uraian	Panjang	Lebar	Tebal	Jumlah	Perkiraan Kuantitas	Satuan	Keterangan
1. Pekerjaan Pembersihan bahu jalan dan drainase (perawatan)								
1.1	Pembersihan bahu jalan	1100	1		2	2200	m ²	
1.2	Pembersihan drainase	1100	0,6	0,1	2	132	m ³	
2. Pekerjaan Penambalan jalan (perawatan) (asumsi 15% dari luas jalan)								
2.1	Galian aspal manual	1100	6	0,1		99	m ³	Luasan 15% dari luas total
2.2	Lapis Perekat - aspal cair	1100	6			495	liter	kebutuhan 0,15 liter/m ²
2.3	Penambalan jalan	1100	6	0,1		227,7	ton	berat jenis aspal 2,3 ton/m ³
3. Pekerjaan Pengecatan marka (perawatan)								
3.1	Pengecatan marka	1100	0,12		2	264	m ²	
		3	0,12		138	49,68	m ²	
					Jumlah	313,68	m ²	
4. Pekerjaan Overlay 4cm (rehabilitasi)								
4.1	Galian aspal dengan cold milling	1100	6	0,08		264	m ³	dilakukan pada tahun ke 20
4.2	Lapis Perekat - aspal cair	1100	6			990	liter	kebutuhan 0,15 liter/m ²
4.3	Overlay	1100	6	0,04		607,2	ton	berat jenis aspal 2,3 ton/m ³

Setelah memperoleh volume perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur maka biaya perawatan dan rehabilitasi dapat dicari dengan mengkalikan volume dengan harga satuan pekerjaan. Harga satuan pekerjaan ini diperoleh dari analisis yang ada pada Lampiran 12 dengan rekapitulasi seperti pada Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.30 Rekapitulasi AHSP perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur

Pekerjaan	Harga Satuan
Pembersihan bahu jalan	Rp22.763,06 /m ²
Pembersihan drainase	Rp125.845,76 /m ³
Galian aspal manual	Rp142.606,61 /m ³
Galian aspal dengan cold milling	Rp242.880,66 /m ³
Lapis perekat - aspal cair	Rp19.317,99 /liter
Lapisan aspal beton (laston)	Rp1.435.491,40 /ton
Marka termoplastik	Rp269.964,08 /m

Setelah volume pekerjaan dan harga satuan untuk perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur diketahui maka selanjutnya bisa ditentukan harga dari pekerjaan perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur. Harga dari masing-masing pekerjaan dari perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Harga pekerjaan dari perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur

No	Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pekerjaan Pembersihan bahu jalan dan drainase (perawatan)				
1.1	Pembersihan bahu jalan	m2	2200	Rp22.763,06	Rp50.078.734,93
1.2	Pembersihan drainase	m3	132	Rp125.845,76	Rp16.611.639,67
Jumlah harga pembersihan bahu jalan dan drainase					Rp66.690.374,59
2	Pekerjaan Penambalan jalan (perawatan)				
2.1	Galian aspal manual	m3	99	Rp142.606,61	Rp14.118.054,88
2.2	Lapis Perekat - Aspal Cair	ltr	495	Rp19.317,99	Rp9.562.407,30
2.3	Laston	ton	227,7	Rp1.435.491,40	Rp326.861.392,44
Jumlah harga penambalan jalan					Rp350.541.854,62
3	Pekerjaan Pengecatan marka (perawatan)				
3.1	Marka termoplastik	m2	313,68	Rp269.964,08	Rp84.682.332,32
Jumlah harga pengecatan marka					Rp84.682.332,32
4	Pekerjaan Overlay 4cm (rehabilitasi)				
4.1	Lapis Perekat - Aspal Cair	ltr	990	Rp19.317,99	Rp19.124.814,61
4.2	Laston	ton	607,2	Rp1.435.491,40	Rp871.630.379,84
Jumlah harga overlay tebal 4 cm					Rp890.755.194,45
5	Pekerjaan Overlay 4cm dengan galian aspal (rehabilitasi)				
5.1	Galian aspal dengan cold milling	m3	528	242.880,66	Rp128.240.989,44
5.2	Lapis Perekat - Aspal Cair	ltr	990	Rp19.317,99	Rp19.124.814,61
5.3	Laston	ton	607,2	Rp1.435.491,40	Rp871.630.379,84
Jumlah harga overlay tebal 4 cm dengan galian aspal					Rp954.875.689,16

Harga pekerjaan akan meningkat setiap tahunnya mengikuti mengikuti tingkat inflasi. Tingkat inflasi ditentukan dengan rata-rata tingkat inflasi yang didapat dari situs resmi Bank Indonesia selama 5 tahun kebelakang yaitu 4,5%. Perhitungan peningkatan biaya perawatan dapat menggunakan rumus *Future Value* sebagai berikut.

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

dengan:

FV = *Future Value* (dalam Rp.)

PV = *Present Value* (dalam Rp.)

i = tingkat suku inflasi (%)

n = jumlah tahun

Rekapitulasi biaya perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.32 dan Tabel 5.33 berikut.

Tabel 5.32 Rekapitulasi biaya perawatan perkerasan lentur

Pembersihan bahu jalan dan drainase			Penambalan jalan			Pengecatan marka		
Th	Biaya	Biaya inflasi 4,5%	Th	Biaya	Biaya inflasi 4,5%	Th	Biaya	Biaya inflasi 4,5%
1	Rp66.690.374,59	Rp69.691.441,45	2	Rp350.541.854,62	Rp382.800.468,79	2	Rp84.682.332,32	Rp92.475.223,95
2	Rp66.690.374,59	Rp72.827.556,31	3	Rp350.541.854,62	Rp400.026.489,88	4	Rp84.682.332,32	Rp100.985.256,43
3	Rp66.690.374,59	Rp76.104.796,35	4	Rp350.541.854,62	Rp418.027.681,93	6	Rp84.682.332,32	Rp110.278.424,66
4	Rp66.690.374,59	Rp79.529.512,18	5	Rp350.541.854,62	Rp436.838.927,62	8	Rp84.682.332,32	Rp120.426.796,69
5	Rp66.690.374,59	Rp83.108.340,23	6	Rp350.541.854,62	Rp456.496.679,36	10	Rp84.682.332,32	Rp131.509.072,65
6	Rp66.690.374,59	Rp86.848.215,54	7	Rp350.541.854,62	Rp477.039.029,93	12	Rp84.682.332,32	Rp143.611.195,06
7	Rp66.690.374,59	Rp90.756.385,24	8	Rp350.541.854,62	Rp498.505.786,28	14	Rp84.682.332,32	Rp156.827.015,29
8	Rp66.690.374,59	Rp94.840.422,58	9	Rp350.541.854,62	Rp520.938.546,66	16	Rp84.682.332,32	Rp171.259.021,37
9	Rp66.690.374,59	Rp99.108.241,59	11	Rp350.541.854,62	Rp568.877.916,42	18	Rp84.682.332,32	Rp187.019.132,81
10	Rp66.690.374,59	Rp103.568.112,47	12	Rp350.541.854,62	Rp594.477.422,65	20	Rp84.682.332,32	Rp204.229.568,51
11	Rp66.690.374,59	Rp108.228.677,53	13	Rp350.541.854,62	Rp621.228.906,67			
12	Rp66.690.374,59	Rp113.098.968,02	14	Rp350.541.854,62	Rp649.184.207,47			
13	Rp66.690.374,59	Rp118.188.421,58	15	Rp350.541.854,62	Rp678.397.496,81			
14	Rp66.690.374,59	Rp123.506.900,55	16	Rp350.541.854,62	Rp708.925.384,17			
15	Rp66.690.374,59	Rp129.064.711,07	17	Rp350.541.854,62	Rp740.827.026,45			
16	Rp66.690.374,59	Rp134.872.623,07	18	Rp350.541.854,62	Rp774.164.242,65			
17	Rp66.690.374,59	Rp140.941.891,11	19	Rp350.541.854,62	Rp809.001.633,56			
18	Rp66.690.374,59	Rp147.284.276,21						
19	Rp66.690.374,59	Rp153.912.068,64						
20	Rp66.690.374,59	Rp160.838.111,73						

Tabel 5.33 Rekapitulasi biaya rehabilitasi perkerasan lentur

Overlay tebal lapisan 4 cm		
Th	Biaya	biaya inflasi 4,5%
10	Rp890.755.194,45	Rp1.383.315.579,22
20	Rp1.018.996.183,88	Rp2.457.527.387,93

Dari Tabel 5.32 dan Tabel 5.33 tersebut nilai *future value* dari biaya perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan lentur perlu dikonversikan ke nilai sekarang (*present value*) atau nilai pada tahun ke-0. Untuk mencari nilai sekarang (*present value*) atau nilai pada tahun ke-0 dapat menggunakan Persamaan 5.2 berikut.

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

dengan:

PV = *Present Value* (dalam Rp.)

FV = *Future Value* (dalam Rp.)

i = tingkat suku bunga Bank Indonesia (BI-Rate) (%)

n = jumlah tahun

Serupa dengan rumus *future value*, pada rumus *present value* juga terdapat tingkat suku bunga (i). Tetapi untuk mencari *present value* suku bunga bukanlah tingkat inflasi melainkan suku bunga acuan terkini yang ditetapkan oleh Bank Indonesia. Data pada Lampiran 8 yang diperoleh dari situs resmi Bank Indonesia menunjukkan nilai BI 7-Day Repo Rate per bulan mulai dari bulan Januari 2017 sampai Desember 2019. Nilai rata-rata data tersebut adalah 5,08% dan dibulatkan menjadi 5%. Jadi nilai BI rate pada perhitungan *present value* adalah sebesar 5%. Biaya total perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 Biaya total perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan lentur

Tahun	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Penambalan jalan	Pengecatan marka	Overlay tebal 4cm	Total Biaya (future value)	Total Biaya (present value)
1 2021	Rp69.691.441,45				Rp69.691.441,45	Rp66.372.801,38
2 2022	Rp72.827.556,31	Rp382.800.468,79	Rp92.475.223,95		Rp548.103.249,05	Rp497.145.804,13
3 2023	Rp76.104.796,35	Rp400.026.489,88			Rp476.131.286,23	Rp411.300.106,89
4 2024	Rp79.529.512,18	Rp418.027.681,93	Rp100.985.256,43		Rp598.542.450,55	Rp492.422.355,33
5 2025	Rp83.108.340,23	Rp436.838.927,62			Rp519.947.267,85	Rp407.392.289,54
6 2026	Rp86.848.215,54	Rp456.496.679,36	Rp110.278.424,66		Rp653.623.319,56	Rp487.743.784,66
7 2027	Rp90.756.385,24	Rp477.039.029,93			Rp567.795.415,17	Rp403.521.600,90
8 2028	Rp94.840.422,58	Rp498.505.786,28	Rp120.426.796,69		Rp713.773.005,54	Rp483.109.665,70
9 2029	Rp99.108.241,59	Rp520.938.546,66			Rp620.046.788,25	Rp399.687.688,18
10 2030	Rp103.568.112,47		Rp131.509.072,65	Rp1.383.315.579,22	Rp1.618.392.764,34	Rp993.552.767,46
11 2031	Rp108.228.677,53	Rp568.877.916,42			Rp677.106.593,94	Rp395.890.201,98
12 2032	Rp113.098.968,02	Rp594.477.422,65	Rp143.611.195,06		Rp851.187.585,73	Rp473.973.097,62
13 2033	Rp118.188.421,58	Rp621.228.906,67			Rp739.417.328,25	Rp392.128.796,21
14 2034	Rp123.506.900,55	Rp649.184.207,47	Rp156.827.015,29		Rp929.518.123,31	Rp469.469.815,81
15 2035	Rp129.064.711,07	Rp678.397.496,81			Rp807.462.207,88	Rp388.403.128,05
16 2036	Rp134.872.623,07	Rp708.925.384,17	Rp171.259.021,37		Rp1.015.057.028,61	Rp465.009.320,28
17 2037	Rp140.941.891,11	Rp740.827.026,45			Rp881.768.917,56	Rp384.712.857,97
18 2038	Rp147.284.276,21	Rp774.164.242,65	Rp187.019.132,81		Rp1.108.467.651,66	Rp460.591.204,52
19 2039	Rp153.912.068,64	Rp809.001.633,56			Rp962.913.702,20	Rp381.057.649,64
20 2040	Rp160.838.111,73		Rp204.229.568,51	Rp2.457.527.387,93	Rp2.822.595.068,16	Rp1.063.806.395,60
Total						Rp9.517.291.331,86

5.5.2 Biaya Perawatan dan Rehabilitasi Perkerasan Kaku

Untuk menentukan biaya perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku perlu terlebih dahulu menentukan rencana perawatan dan rehabilitasi dari jalan tersebut. Rencana perawatan dan rehabilitasi jalan pada penelitian ini pada arahan yang diberikan oleh Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman melalui wawancara.

Perawatan jalan yang direncanakan pada perkerasan kaku adalah pembersihan bahu jalan dan drainase yang dilakukan satu tahun sekali, dan pengecatan marka yang dilakukan 2 tahun sekali. Sedangkan rehabilitasi jalan yang direncanakan pada perkerasan kaku adalah pembersihan dan penyegelan sambungan yang dilakukan setiap 5 tahun sekali. Pada Gambar 5.7 menyajikan pekerjaan penyegelan sambungan pada perkerasan kaku.



Gambar 5.7 Pekerjaan penyegelan sambungan pada perkerasan kaku

Periode rencana perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Periode rencana perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur

No	Pekerjaan	Periode	Keterangan	Sumber
1	Pembersihan bahu jalan dan drainase	1 tahun sekali	Perawatan	Dinas PUPKP Kabupaten Sleman
2	Pengcatan Marka termoplastik	2 tahun sekali	Perawatan	Peraturan Menteri Perhubungan PM 34 2014
3	Penyegelan sambungan	5 tahun sekali	Rehabilitasi	Dinas PUPKP Kabupaten Sleman

Rencana perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut

Tabel 5.36 Rencana perawatan dan rehabilitasi jalan pada perkerasan kaku

Tahun	Kegiatan	Keterangan
1	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
2	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
3	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
4	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
5	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penyegelan sambungan	Rehabilitasi
6	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
7	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
8	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
9	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
10	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penyegelan sambungan	Rehabilitasi
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
11	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
12	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
13	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
14	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
15	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penyegelan sambungan	Rehabilitasi
16	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
17	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
18	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan
19	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
20	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Perawatan
	Penyegelan sambungan	Rehabilitasi
	Pengcatan Marka termoplastik	Perawatan

Untuk menghitung biaya perawatan dan rehabilitasi terlebih dahulu dihitung volume pekerjaanya. Volume pekerjaan pada kegiatan perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Volume perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku

No	Uraian	Panjang	Lebar	Tebal	Jumlah	Perkiraan Kuantitas	Satuan	Keterangan
1. Pekerjaan Pembersihan bahu jalan dan drainase (perawatan)								
1.1	Pembersihan bahu jalan	1100	1		2	2200	m ²	
1.2	Pembersihan drainase	1100	0,6	0,1	2	132	m ³	
2. Pekerjaan Pengecatan marka (perawatan)								
2.1	Pengecatan marka	1100	0,12		2	264	m ²	
		3	0,12		138	49,68	m ²	
Jumlah						313,68	m ²	
3. Pekerjaan Pembersihan dan penyegelan sambungan (rehabilitasi)								
3.1	Pembersihan dan penyegelan sambungan	1100			1	1100	m	samb. Memanjang
		6			220	1320	m	samb. Melintang (setiap 5m)
Jumlah						2420	m	

Setelah memperoleh volume perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku maka biaya perawatan dan rehabilitasi dapat dicari dengan mengkalikan volume dengan harga satuan pekerjaan. Harga satuan pekerjaan ini diperoleh dari analisis yang ada pada Lampiran 12 dengan rekapitulasi seperti pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Rekapitulasi AHSP perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku

Pekerjaan	Harga Satuan
Pembersihan bahu jalan	Rp22.763,06 /m ²
Pembersihan drainase	Rp125.845,76 /m ³
Pembersihan dan penyegelan sambungan	Rp59.076,22 /m
Marka termoplastik	Rp269.964,08 /m ²

Setelah volume pekerjaan dan harga satuan untuk perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku diketahui maka selanjutnya bisa ditentukan harga dari pekerjaan perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku. Harga dari masing-masing pekerjaan dari perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Harga pekerjaan dari perawatan rehabilitasi perkerasan kaku

No	Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pekerjaan Pembersihan bahu jalan dan drainase (perawatan)				
1.1	Pembersihan bahu jalan	m2	2200	Rp22.763,06	Rp50.078.734,93
1.2	Pembersihan drainase	m2	132	Rp125.845,76	Rp16.611.639,67
Jumlah harga pembersihan bahu jalan dan drainase					Rp66.690.374,59
2	Pekerjaan Pengecatan marka (perawatan)				
2.1	Marka termoplastik	m2	313,68	Rp269.964,08	Rp84.682.332,32
Jumlah harga pengecatan marka					Rp84.682.332,32
3	Pekerjaan Pembersihan dan penyegelan sambungan (rehabilitasi)				
3.1	Pembersihan dan penyegelan sambungan	m	2420	Rp59.076,22	Rp142.964.440,50
Jumlah harga pembersihan dan penyegelan sambungan					Rp142.964.440,50

Harga pekerjaan akan meningkat setiap tahunnya mengikuti mengikuti tingkat inflasi sebesar 4,5%. Perhitungan peningkatan biaya perawatan dapat menggunakan rumus *Future Value* yang ada di Persamaan 5.1. Rekapitulasi biaya perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.40 dan Tabel 5.41 berikut.

Tabel 5.40 Rekapitulasi biaya perawatan perkerasan kaku

Pembersihan bahu jalan dan drainase			Pengecatan marka		
Th	Biaya	biaya inflasi 4,5%	Th	Biaya	biaya inflasi 4,5%
1	Rp66.690.374,59	Rp69.691.441,45	2	Rp84.682.332,32	Rp92.475.223,95
2	Rp66.690.374,59	Rp72.827.556,31	4	Rp84.682.332,32	Rp100.985.256,43
3	Rp66.690.374,59	Rp76.104.796,35	6	Rp84.682.332,32	Rp110.278.424,66
4	Rp66.690.374,59	Rp79.529.512,18	8	Rp84.682.332,32	Rp120.426.796,69
5	Rp66.690.374,59	Rp83.108.340,23	10	Rp84.682.332,32	Rp131.509.072,65
6	Rp66.690.374,59	Rp86.848.215,54	12	Rp84.682.332,32	Rp143.611.195,06
7	Rp66.690.374,59	Rp90.756.385,24	14	Rp84.682.332,32	Rp156.827.015,29
8	Rp66.690.374,59	Rp94.840.422,58	16	Rp84.682.332,32	Rp171.259.021,37
9	Rp66.690.374,59	Rp99.108.241,59	18	Rp84.682.332,32	Rp187.019.132,81
10	Rp66.690.374,59	Rp103.568.112,47	20	Rp84.682.332,32	Rp204.229.568,51
11	Rp66.690.374,59	Rp108.228.677,53			
12	Rp66.690.374,59	Rp113.098.968,02			
13	Rp66.690.374,59	Rp118.188.421,58			
14	Rp66.690.374,59	Rp123.506.900,55			
15	Rp66.690.374,59	Rp129.064.711,07			
16	Rp66.690.374,59	Rp134.872.623,07			
17	Rp66.690.374,59	Rp140.941.891,11			
18	Rp66.690.374,59	Rp147.284.276,21			
19	Rp66.690.374,59	Rp153.912.068,64			
20	Rp66.690.374,59	Rp160.838.111,73			

Tabel 5.41 Rekapitulasi biaya rehabilitasi perkerasan kaku

Pembersihan dan penyegelan sambungan		
Th	Biaya	biaya inflasi 4,5%
5	Rp142.964.440,50	Rp178.159.703,48
10	Rp142.964.440,50	Rp222.019.404,50
15	Rp142.964.440,50	Rp276.676.571,69
20	Rp142.964.440,50	Rp344.789.346,21

Dari Tabel 5.40 dan Tabel 5.41 tersebut nilai *future value* dari biaya perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan kaku perlu dikonversikan ke nilai sekarang (*present value*) atau nilai pada tahun ke-0. Untuk mencari nilai sekarang (*present value*) atau nilai pada tahun ke-0 dapat menggunakan Persamaan 5.2. Seperti yang sudah diketahui nilai tingkat suku bunga BI Rate pada perhitungan *present value* adalah 5%. Biaya total perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.42 berikut.

Tabel 5.42 Biaya total perawatan dan rehabilitasi jalan perkerasan kaku

Tahun	Pembersihan bahu jalan dan drainase	Pengecatan marka	Pembersihan dan penyegelan sambungan	Total Biaya (future value)	Total Biaya (present value)
1	2021	Rp69.691.441,45		Rp69.691.441,45	Rp66.372.801,38
2	2022	Rp72.827.556,31	Rp92.475.223,95	Rp165.302.780,26	Rp149.934.494,57
3	2023	Rp76.104.796,35		Rp76.104.796,35	Rp65.742.184,51
4	2024	Rp79.529.512,18	Rp100.985.256,43	Rp180.514.768,62	Rp148.509.946,88
5	2025	Rp83.108.340,23		Rp178.159.703,48	Rp204.710.348,71
6	2026	Rp86.848.215,54	Rp110.278.424,66	Rp197.126.640,20	Rp147.098.934,00
7	2027	Rp90.756.385,24		Rp90.756.385,24	Rp64.498.868,58
8	2028	Rp94.840.422,58	Rp120.426.796,69	Rp215.267.219,26	Rp145.701.327,35
9	2029	Rp99.108.241,59		Rp99.108.241,59	Rp63.886.056,20
10	2030	Rp103.568.112,47	Rp131.509.072,65	Rp222.019.404,50	Rp457.096.589,61
11	2031	Rp108.228.677,53		Rp108.228.677,53	Rp63.279.066,24
12	2032	Rp113.098.968,02	Rp143.611.195,06		Rp256.710.163,08
13	2033	Rp118.188.421,58		Rp118.188.421,58	Rp62.677.843,36
14	2034	Rp123.506.900,55	Rp156.827.015,29		Rp280.333.915,83
15	2035	Rp129.064.711,07		Rp276.676.571,69	Rp405.741.282,76
16	2036	Rp134.872.623,07	Rp171.259.021,37		Rp306.131.644,44
17	2037	Rp140.941.891,11		Rp140.941.891,11	Rp61.492.480,24
18	2038	Rp147.284.276,21	Rp187.019.132,81		Rp334.303.409,02
19	2039	Rp153.912.068,64			Rp153.912.068,64
20	2040	Rp160.838.111,73	Rp204.229.568,51	Rp344.789.346,21	Rp709.857.026,45
Total					Rp2.611.822.286,98

5.6 Analisis Biaya Pengguna Jalan

Pada subbab ini akan menjelaskan tentang biaya yang dikeluarkan oleh pengguna jalan akibat melewati jalan tersebut. Pada penelitian ini biaya pengguna jalan dianalisis menggunakan analisis Biaya Operasi Kendaraan (BOK) tidak tetap.

Pada analisis Biaya Operasi Kendaraan (BOK) ini kendaraan yang masuk dalam perhitungan hanya sedan, utiliti, truk ringan 4 roda dan truk sedang 6 roda, karena hanya kendaraan tersebut yang melewati jalan ini. Dalam perhitungan Biaya Operasi Kendaraan (BOK) dibutuhkan harga-harga unit seperti yang ditampilkan pada Tabel 5.43.

Tabel 5.43 Daftar item dan harga yang digunakan dalam perhitungan BOK

No	Item	Harga	Satuan
1	Bensin	Rp7.650,00	Rp/liter
2	Solar	Rp5.150,00	Rp/liter
3	Oli		
	sedan	Rp100.000,00	Rp/liter
	utiliti	Rp100.000,00	Rp/liter
	truk ringan 4 roda	Rp60.000,00	Rp/liter
	truk sedang 6 roda	Rp60.000,00	Rp/liter
4	Kendaraan baru		
	sedan	Rp223.732.000,00	Rp/kendaraan
	utiliti	Rp158.744.000,00	Rp/kendaraan
	truk ringan 4 roda	Rp285.552.000,00	Rp/kendaraan
	truk sedang 6 roda	Rp367.828.000,00	Rp/kendaraan
5	Upah tenaga pemeliharaan	Rp11.250,00	Rp/jam
6	Ban baru		
	sedan	Rp492.000,00	Rp/ban
	utiliti	Rp764.000,00	Rp/ban
	truk ringan 4 roda	Rp1.612.000,00	Rp/ban
	truk sedang 6 roda	Rp1.612.000,00	Rp/ban

5.6.1 Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Beberapa input data yang dibutuhkan untuk mencari biaya konsumsi bahan bakar antara lain kecepatan lalu lintas rata-rata, percepatan rata-rata, tanjakan dan turunan rata-rata, simpangan baku percepatan, dan berat kendaraan yang direkomendasikan.

Untuk kecepatan rata-rata lalu lintas yang direncanakan adalah 60 km/jam untuk sedan dan utiliti, dan 40 km/jam untuk truk. Sedangkan untuk percepatan rata-rata diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.11.

$$A_R = 0,0128 \times (V/C)$$

$$A_R = 0,0128 \times (58/2422,08)$$

$$A_R = 0,0003065$$

Untuk perhitungan simpangan baku percepatan dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.12.

$$SA = SA \max (1,04/(1 + e^{(a_0+a_1) \times (V/C)}))$$

$$SA = 0,75 (1,04/(1+e^{(5,14+ (-8,264)) \times (V/C)}))$$

$$SA = 0,405 \text{ m/s}^2$$

Selanjutnya menentukan nilai tanjakan dan turunan rata-rata yang diperoleh berdasarkan Tabel 3.17 tentang alinemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai medan jalan. Jalan pada penelitian ini terletak di Kecamatan Cangkringan yang memiliki kontur bukit, sehingga kondisi medan jalan pada penelitian ini adalah bukit. Nilai tanjakan rata-rata dan nilai turunan rata-rata pada penelitian ini berturut-turut adalah 12,5 m/km dan -12,5m/km.

Sementara untuk berat kendaraan total yang digunakan adalah berat kendaraan maksimum yang ada ada Tabel 3.18. Tabel 5.44 berikut menampilkan berat total kendaraan yang digunakan.

Tabel 5.44 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

Selanjutnya sebelum menghitung biaya konsumsi bahan bakar (BiBBM_j) menggunakan Persamaan 3.13 terlebih dahulu menghitung konsumsi bahan bakar (KBBM_i) menggunakan Persamaan 3.14.

Nilai konstanta dan koefisien pada Persamaan 3.14 ditentukan dengan menggunakan Tabel 3.19 Nilai konstanta dan koefisien parameter model konsumsi BBM.

Berdasarkan Persamaan 3.14 dan Persamaan 3.13 maka hasil dari konsumsi bahan bakar (KBBM_i) dan biaya konsumsi bahan bakar (BiBBM_j) pada perkerasan lentur ditampilkan pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.45 Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (BiBBM_j) untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	KBBM _i (Liter/km)	HBBM _j (Rp/Liter)	BiBBM _j (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d = b x c</i>
Sedan	0,0792	Rp7.650,00	Rp606,02
Utiliti	0,0963	Rp7.650,00	Rp736,46
Truk Ringan	0,2176	Rp5.150,00	Rp1.120,71
Truk Sedang	0,2621	Rp5.150,00	Rp1.349,98

Menurut penelitian yang dilakukan Ashok,dkk konsumsi bahan bakar (KBBM_i) kendaraan niaga pada perkerasan kaku lebih sedikit 14% dibandingkan pada perkerasan lentur. Konsumsi bahan bakar (KBBM_i) dan biaya konsumsi bahan bakar (BiBBM_j) pada perkerasan kaku ditampilkan pada Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5.46 Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (BiBBM_j) untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	KBBM _i (Liter/km)	HBBM _j (Rp/Liter)	BiBBM _j (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d = b x c</i>
Sedan	0,0792	Rp7.650,00	Rp606,02
Utiliti	0,0963	Rp7.650,00	Rp736,46
Truk Ringan	0,1871	Rp5.150,00	Rp963,81
Truk Sedang	0,2254	Rp5.150,00	Rp1.160,98

5.6.2 Biaya Konsumsi Oli

Biaya konsumsi oli (BO_i) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15. Sementara untuk menghitung konsumsi oli (KO_i) dapat dihitung menggunakan

Persamaan 3.16. Selanjutnya untuk menghitung oli hilang akibat kontaminasi (OHK_i) menggunakan Persamaan 3.17.

Untuk nilai Kapasitas oli (KPO_i), Jarak penggantian oli (JPO_i), dan Oli hilang akibat operasi (OHO_i) ditentukan dengan menggunakan Tabel 3.20. Hasil perhitungan oli hilang akibat kontaminasi (OHK_i) dan perhitungan konsumsi oli (KO_i) pada perkerasan lentur dapat dilihat ada Tabel 5.47 sedangkan pada perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.48 berikut.

Tabel 5.47 Rekapitulasi konsumsi oli untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	JPO_i (Km)	KPO_i (Liter)	OHO_i (Liter/km)	OHK_i (Liter/km)	$KBBM_i$	KO_i
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$e = c/b$	<i>f</i>	$g = e + d \times f$
Sedan	2000	3,5	0,0000028	0,00175	0,0792	0,001750222
Utiliti	2000	3,5	0,0000028	0,00175	0,0963	0,00175027
Truk Ringan	2000	6	0,0000028	0,00300	0,2176	0,003000609
Truk Sedang	2000	12	0,0000028	0,00600	0,2621	0,006000734

Tabel 5.48 Rekapitulasi konsumsi oli untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	JPO_i (Km)	KPO_i (Liter)	OHO_i (Liter/km)	OHK_i (Liter/km)	$KBBM_i$	KO_i
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$e = c/b$	<i>f</i>	$g = e + d \times f$
Sedan	2000	3,5	0,0000028	0,00175	0,079218483	0,001750222
Utiliti	2000	3,5	0,0000028	0,00175	0,096269431	0,00175027
Truk Ringan	2000	6	0,0000028	0,003	0,187147553	0,003000524
Truk Sedang	2000	12	0,0000028	0,006	0,225432864	0,006000631

Setelah diketahui konsumsi oli selanjutnya bisa dihitung biaya konsumsi oli. Rekapitulasi biaya konsumsi oli untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.49 sedangkan pada perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.50 berikut.

Tabel 5.49 Rekapitulasi biaya konsumsi oli (BO_i) untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	KO_i (Liter/km)	HO_j (Rp/Liter)	BO_i (Rp/Km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c$
Sedan	0,001750222	Rp100.000,00	Rp175,02
Utiliti	0,00175027	Rp100.000,00	Rp175,03
Truk Ringan	0,003000609	Rp60.000,00	Rp180,04
Truk Sedang	0,006000734	Rp60.000,00	Rp360,04

Tabel 5.50 Rekapitulasi biaya konsumsi oli (BO_i) untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	KO_i (Liter/km)	HO_j (Rp/Liter)	BO_i (Rp/Km)
a	b	c	$d = b \times c$
Sedan	0,001750222	Rp100.000,00	Rp175,02
Utiliti	0,00175027	Rp100.000,00	Rp175,03
Truk Ringan	0,003000524	Rp60.000,00	Rp180,03
Truk Sedang	0,006000631	Rp60.000,00	Rp360,04

5.6.3 Biaya Konsumsi Suku Cadang

Beberapa input yang perlu diperhatikan dalam menghitung biaya konsumsi suku cadang adalah kekasaran permukaan dan harga kendaraan baru. Kekasaran permukaan dinyatakan dalam bentuk nilai IRI (*International Roughness Index*). Nilai IRI didapat dari wawancara dengan pihak Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman. Nilai IRI disepakati pada perkerasan lentur mempunyai nilai IRI 3 m/km, sedangkan pada perkerasan kaku mempunyai nilai IRI 3,5 m/km. Selanjutnya harga kendaraan yang dipakai adalah harga tersebut dikurangi dengan harga ban yang digunakan.

Biaya konsumsi suku cadang (BP_i) dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.18. Sedangkan nilai relatif biaya suku cadang (P_i) yang menjadi salah satu unsur perhitungan BP_i dicari menggunakan Persamaan 3.19. Untuk nilai kumulatif jarak tempuh kendaraan (KJT_i) diasumsikan 5000 km setiap satu kali perawatan untuk semua jenis kendaraan. Sedangkan untuk nilai ϕ serta γ_1 dan γ_2 didapat dari Tabel 3.22. Perhitungan nilai relatif biaya suku cadang (P_i) untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.51, sedangkan untuk perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.52 berikut.

Tabel 5.51 Perhitungan nilai relatif biaya suku cadang (P_i) untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	Koefisien Parameter			IRI	KJT_i	P_i
	ϕ	γ_1	γ_2			
a	b	c	d	e	f	$g = (b+c \times e) (f/100000)^d$
Sedan	-0,69	0,42	0,1	3	5000	0,4224
Utiliti	-0,69	0,42	0,1	3	5000	0,4224
Truk Ringan	-0,64	0,27	0,2	3	5000	0,0934
Truk Sedang	-1,26	0,46	0,1	3	5000	0,0889

Tabel 5.52 Perhitungan nilai relatif biaya suku cadang (P_i) untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	Koefisien Parameter			IRI	KJT _i	P _i
	ϕ	γ_1	γ_2			
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	$g = (b+c \times e) (f/100000)^d$
Sedan	-0,69	0,42	0,1	3,5	5000	0,5781
Utiliti	-0,69	0,42	0,1	3,5	5000	0,5781
Truk Ringan	-0,64	0,27	0,2	3,5	5000	0,1675
Truk Sedang	-1,26	0,46	0,1	3,5	5000	0,2594

Berdasarkan Tabel 5.51 dan Tabel 5.52 di atas dapat dihitung biaya konsumsi suku cadang (BP_i). Hasil perhitungan biaya konsumsi suku cadang (BP_i) untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.53, sedangkan untuk perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.54 berikut.

Tabel 5.53 Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BP_i) untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	P _i	HKB _i (Rp)	BP _i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000000$
Sedan	0,4224	Rp223.732.000,00	Rp94,51
Utiliti	0,4224	Rp158.744.000,00	Rp67,06
Truk Ringan	0,0934	Rp285.552.000,00	Rp26,66
Truk Sedang	0,0889	Rp367.828.000,00	Rp32,71

Tabel 5.54 Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BP_i) untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	P _i	HKB _i (Rp)	BP _i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000000$
Sedan	0,5781	Rp223.732.000,00	Rp129,34
Utiliti	0,5781	Rp158.744.000,00	Rp91,77
Truk Ringan	0,1675	Rp285.552.000,00	Rp47,84
Truk Sedang	0,2594	Rp367.828.000,00	Rp95,41

5.6.4 Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.20. Sedangkan untuk perhitungan jumlah jam pemeliharaan (JP_i) yang menjadi salah satu unsur dalam perhitungan biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.21.

Untuk nilai a_0 dan a_1 diperoleh dari Tabel 3.23. Perhitungan jumlah jam pemeliharaan (JP_i) untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.55, sedangkan untuk perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.56 berikut.

Tabel 5.55 Perhitungan jumlah jam pemeliharaan (JP_i) untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	a_0	a_1	P_i	JP_i (Jam/1000km)
a	b	c	d	$e = b \times d^c$
Sedan	77,14	0,547	0,4224	48,1478
Utiliti	77,14	0,547	0,4224	48,1478
Truk Ringan	242,03	0,519	0,0934	70,7010
Truk Sedang	242,03	0,517	0,0889	69,2696

Tabel 5.56 Perhitungan jumlah jam pemeliharaan (JP_i) untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	a_0	a_1	P_i	JP_i (Jam/1000km)
a	b	c	d	$e = b \times d^c$
Sedan	77,14	0,547	0,5781	57,1596
Utiliti	77,14	0,547	0,5781	57,1596
Truk Ringan	242,03	0,519	0,1675	95,7577
Truk Sedang	242,03	0,517	0,2594	120,4728

Sedangkan upah tenaga pemeliharaan (UTP) didapat dari PERGUB DIY No. 40 Tahun 2018 tentang Standar Harga Barang dan Jasa Daerah dimana upah mekanik terlatih perhari adalah Rp 90.000,00. Jumlah jam kerja dalam satu hari diasumsikan 8 jam. Jadi nilai upah tenaga pemeliharaan bisa didapat dengan mencari upah mekanik per jam didapat Rp 11.250,00/jam. Berdasarkan itu biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) bisa dihitung. Hasil perhitungan biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.57, sedangkan untuk perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.58 berikut.

Tabel 5.57 Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	JP_i (Jam/1000km)	UTP (Rp/jam)	BU_i (Rp/km)
a	b	c	$d = b \times c / 1000$
Sedan	48,1478	Rp11.250,00	Rp541,66
Utiliti	48,1478	Rp11.250,00	Rp541,66
Truk Ringan	70,7010	Rp11.250,00	Rp795,39
Truk Sedang	69,2696	Rp11.250,00	Rp779,28

Tabel 5.58 Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	JP_i (Jam/1000km)	UTP (Rp/jam)	BU_i (Rp/km)
a	b	c	$d = b \times c / 1000$
Sedan	57,1596	Rp11.250,00	Rp643,05
Utiliti	57,1596	Rp11.250,00	Rp643,05
Truk Ringan	95,7577	Rp11.250,00	Rp1.077,27
Truk Sedang	120,4728	Rp11.250,00	Rp1.355,32

5.6.5 Biaya Konsumsi Ban

Beberapa input yang harus diketahui sebelum perhitungan biaya konsumsi ban adalah nilai tanjakan & turunan (TT_R) dan derajat tikungan (DT_R) yang diperoleh dari Tabel 3.24. Kondisi medan pada jalan yang diteliti termasuk dalam kategori bukit, jadi menurut Tabel 3.24 nilai nilai tanjakan & turunan (TT_R) dan derajat tikungan (DT_R) berturut-turut adalah 25 m/km dan 115⁰/km.

Biaya konsumsi ban (BB_i) dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.22. Sedangkan konsumsi ban (KB_i) yang menjadi salah satu unsur perhitungan biaya konsumsi ban (BB_i) dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.23. Nilai konstanta dan koefisien parameter diperoleh dari Tabel 3.25. Perhitungan konsumsi ban (KB_i) untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.59, sedangkan untuk perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.60 berikut.

Tabel 5.59 Perhitungan konsumsi ban (KB_i) untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	χ	δ_1	δ_2	δ_3	IRI	TT_r	DT_r	KB_i
a	b	c	d	e	f	g	h	$h = b + (c \times f) + (d \times g) + (e \times h)$
Sedan	-0,01471	0,01489	-	-	3	25	115	0,0300
Utiliti	0,01905	0,01489	-	-	3	25	115	0,0637
Truk Ringan	0,024	0,025	0,0035	0,00067	3	25	115	0,2636
Truk Sedang	0,095835	-	0,001738	0,000184	3	25	115	0,1604

Tabel 5.60 Perhitungan konsumsi ban (KB_i) untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	χ	δ_1	δ_2	δ_3	IRI	TT_r	DT_r	KB_i
a	b	c	d	e	f	g	h	$h = b + (c \times f) + (d \times g) + (e \times h)$
Sedan	-0,01471	0,01489	-	-	3,5	25	115	0,0374
Utiliti	0,01905	0,01489	-	-	3,5	25	115	0,0712
Truk Ringan	0,024	0,025	0,0035	0,00067	3,5	25	115	0,2761
Truk Sedang	0,095835	-	0,001738	0,000184	3,5	25	115	0,1604

Berdasarkan itu maka biaya konsumsi ban (BB_i) dapat diperoleh. Hasil perhitungan biaya konsumsi ban (BB_i) untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.61, sedangkan untuk perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.62 berikut.

Tabel 5.61 Rekapitulasi biaya konsumsi ban (BB_i) untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	KB_i (EBB/1000km)	HB_j (Rp/ban baru)	BB_i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000$
Sedan	0,0300	Rp492.000,00	Rp14,74
Utiliti	0,0637	Rp764.000,00	Rp48,68
Truk Ringan	0,2636	Rp1.612.000,00	Rp424,84
Truk Sedang	0,1604	Rp1.612.000,00	Rp258,64

Tabel 5.62 rekapitulasi biaya konsumsi ban (BB_i) untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	KB_i (EBB/1000km)	HB_j (Rp/ban baru)	BB_i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000$
Sedan	0,0374	Rp492.000,00	Rp18,40
Utiliti	0,0712	Rp764.000,00	Rp54,37
Truk Ringan	0,2761	Rp1.612.000,00	Rp444,99
Truk Sedang	0,1604	Rp1.612.000,00	Rp258,64

5.6.6 Biaya Operasi Kendaraan Total

Setelah diketahui semua unsur biaya operasi kendaraan tidak tetap untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku maka nilai total biaya operasional bisa didapat dengan menggunakan Persamaan 3.24. Biaya Operasional Kendaraan (BOK) untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.63, sedangkan untuk perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.64 berikut.

Tabel 5.63 Rekapitulasi biaya operasional kendaraan per km untuk perkerasan lentur

Jenis Kendaraan	Komponen Biaya Operasional Kendaraan (BOK) (Rp/km)					Total BOK (Rp/Km)
	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah	Ban	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	$g = b+c+d+e+f$
Sedan	Rp606,02	Rp175,02	Rp94,51	Rp541,66	Rp14,74	Rp1.431,96
Utiliti	Rp736,46	Rp175,03	Rp67,06	Rp541,66	Rp48,68	Rp1.568,89
Truk Ringan	Rp1.120,71	Rp180,04	Rp26,66	Rp795,39	Rp424,84	Rp2.547,64
Truk Sedang	Rp1.349,98	Rp360,04	Rp32,71	Rp779,28	Rp258,64	Rp2.780,65

Tabel 5.64 Rekapitulasi biaya operasional kendaraan per km untuk perkerasan kaku

Jenis Kendaraan	Komponen Biaya Operasional Kendaraan (BOK) (Rp/km)					Total BOK (Rp/Km)
	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah	Ban	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	$g = b+c+d+e+f$
Sedan	Rp606,02	Rp175,02	Rp129,34	Rp643,05	Rp18,40	Rp1.571,83
Utiliti	Rp736,46	Rp175,03	Rp91,77	Rp643,05	Rp54,37	Rp1.700,67
Truk Ringan	Rp963,81	Rp180,03	Rp47,84	Rp1.077,27	Rp444,99	Rp2.713,95
Truk Sedang	Rp1.160,98	Rp360,04	Rp95,41	Rp1.355,32	Rp258,64	Rp3.230,39

Berdasarkan Tabel 5.63 dan 5.64 tersebut didapat nilai total BOK per km untuk setiap kendaraan. Selanjutnya nilai BOK tersebut akan diinput ke dalam data lalu lintas yang terjadi sesuai dengan data lalu lintas pada perencanaan perkerasan. Pada data lalu lintas juga direncanakan ada laju pertumbuhan kendaraan setiap tahunnya sebesar 3,5%. Sedangkan pada nilai BOK akan mengalami kenaikan inflasi. Seperti yang sudah diketahui tingkat inflasi didapat sebesar 4,5%. Selanjutnya untuk menghitung biaya siklus hidup, nilai BOK perlu dikonversikan ke nilai sekarang (*present value*) atau nilai pada tahun ke-0. Untuk mencari nilai sekarang (*present value*) atau nilai pada tahun ke-0 dapat menggunakan Persamaan 5.2. Seperti yang sudah diketahui nilai tingkat suku bunga pada perhitungan *present value* adalah 5%.

Ruas Jalan Balong-Plosokerep memiliki panjang 1,1 km, jadi untuk mencari nilai total BOK per kendaraan untuk Ruas Jalan Balong-Plosokerep perlu mengkalikan nilai total BOK per km dengan panjang ruas jalan tersebut. Selanjutnya total biaya operasaional kendaraan selama umur rencana untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.63, sedangkan utnuk perkerasan kaku dapat diliat pada Tabel 5.64 berikut.

Tabel 5.65 Biaya operasioanal kendaraan selama umur rencana untuk perkerasan lentur

n	Tahun	LHRT Golongan Kendaraan (kend/th)				BOK (Rp/Kend)				BOK (Rp)				Total BOK	Total BOK (Present Value)
		Sedan	Utiliti	Truk Ringan	Truk Sedang	Sedan	Utiliti	Truk Ringan	Truk Sedang	Sedan	Utiliti	Truk Ringan	Truk Sedang		
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	$k = c \times g$	$l = d \times h$	$m = e \times i$	$n = f \times j$	$o = k+l+m+n$	
1	2021	1460	10220	112785	36865	Rp1.646	Rp1.803	Rp2.929	Rp3.196	Rp2.403.219	Rp18.431.198	Rp330.292.020	Rp117.833.851	Rp468.960.288	Rp446.628.845
2	2022	1512	10578	116733	38156	Rp1.720	Rp1.885	Rp3.060	Rp3.340	Rp2.600.809	Rp19.935.288	Rp357.237.198	Rp127.448.570	Rp507.221.865	Rp460.065.184
3	2023	1565	10949	120819	39492	Rp1.798	Rp1.969	Rp3.198	Rp3.491	Rp2.813.114	Rp21.563.025	Rp386.379.926	Rp137.847.071	Rp548.603.137	Rp473.904.016
4	2024	1620	11333	125048	40875	Rp1.878	Rp2.058	Rp3.342	Rp3.648	Rp3.043.017	Rp23.323.645	Rp417.899.988	Rp149.094.791	Rp593.361.441	Rp488.159.926
5	2025	1677	11730	129425	42306	Rp1.963	Rp2.151	Rp3.492	Rp3.812	Rp3.291.840	Rp25.227.013	Rp451.991.297	Rp161.258.628	Rp641.768.778	Rp502.842.630
6	2026	1736	12141	133955	43787	Rp2.051	Rp2.247	Rp3.649	Rp3.983	Rp3.560.997	Rp27.285.918	Rp488.862.943	Rp174.414.456	Rp694.124.314	Rp517.966.250
7	2027	1797	12566	138644	45320	Rp2.144	Rp2.349	Rp3.814	Rp4.162	Rp3.852.000	Rp29.511.919	Rp528.744.130	Rp188.644.209	Rp750.752.259	Rp533.545.614
8	2028	1860	13006	143497	46907	Rp2.240	Rp2.454	Rp3.985	Rp4.350	Rp4.166.462	Rp31.919.821	Rp571.878.266	Rp204.036.341	Rp812.000.889	Rp549.594.164
9	2029	1926	13462	148520	48549	Rp2.341	Rp2.565	Rp4.165	Rp4.546	Rp4.508.448	Rp34.525.706	Rp618.531.755	Rp220.681.764	Rp878.247.673	Rp566.126.281
10	2030	1994	13934	153719	50249	Rp2.446	Rp2.680	Rp4.352	Rp4.750	Rp4.877.668	Rp37.344.365	Rp668.991.965	Rp238.687.608	Rp949.901.605	Rp583.157.185
11	2031	2064	14422	159100	52008	Rp2.556	Rp2.801	Rp4.548	Rp4.964	Rp5.276.100	Rp40.391.600	Rp723.568.782	Rp258.159.964	Rp1.027.396.446	Rp600.697.424
12	2032	2137	14927	164669	53829	Rp2.671	Rp2.927	Rp4.753	Rp5.187	Rp5.708.529	Rp43.687.218	Rp782.596.281	Rp279.223.098	Rp1.111.215.126	Rp618.766.162
13	2033	2212	15450	170433	55714	Rp2.791	Rp3.058	Rp4.966	Rp5.421	Rp6.174.774	Rp47.252.700	Rp846.439.478	Rp302.006.062	Rp1.201.873.014	Rp637.378.920
14	2034	2290	15991	176399	57664	Rp2.917	Rp3.196	Rp5.190	Rp5.665	Rp6.680.173	Rp51.108.138	Rp915.492.164	Rp326.642.263	Rp1.299.922.738	Rp656.549.316
15	2035	2371	16551	182573	59683	Rp3.048	Rp3.340	Rp5.423	Rp5.919	Rp7.227.699	Rp55.278.336	Rp990.173.627	Rp353.292.604	Rp1.405.972.267	Rp676.296.700
16	2036	2454	17131	188964	61772	Rp3.186	Rp3.490	Rp5.667	Rp6.186	Rp7.817.347	Rp59.790.162	Rp1.070.952.397	Rp382.113.036	Rp1.520.672.942	Rp696.637.796
17	2037	2540	17731	195578	63935	Rp3.329	Rp3.647	Rp5.923	Rp6.464	Rp8.455.413	Rp64.669.058	Rp1.158.316.878	Rp413.290.242	Rp1.644.731.591	Rp717.590.945
18	2038	2629	18352	202424	66173	Rp3.479	Rp3.811	Rp6.189	Rp6.755	Rp9.145.511	Rp69.946.018	Rp1.252.811.343	Rp447.006.251	Rp1.778.909.124	Rp739.173.484
19	2039	2722	18995	209509	68490	Rp3.635	Rp3.983	Rp6.468	Rp7.059	Rp9.895.137	Rp75.654.573	Rp1.355.010.463	Rp483.477.457	Rp1.924.037.630	Rp761.407.025
20	2040	2818	19660	216842	70888	Rp3.799	Rp4.162	Rp6.759	Rp7.377	Rp10.705.106	Rp81.826.823	Rp1.465.546.692	Rp522.923.401	Rp2.081.002.022	Rp784.307.776
Total Biaya Operasional Kendaraan														Rp12.010.795.643	

Tabel 5.66 Biaya operasioanal kendaraan selama umur rencana untuk perkerasan kaku

n	Tahun	LHRT Golongan Kendaraan (kend/th)				BOK (Rp/Kend)				BOK (Rp)				Total BOK	Total BOK (Present Value)
		Sedan	Utiliti	Truk Ringan	Truk Sedang	Sedan	Utiliti	Truk Ringan	Truk Sedang	Sedan	Utiliti	Truk Ringan	Truk Sedang		
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k = c x g	l = d x h	m = e x i	n = f x j	o = k+l+m+n	
1	2021	1460	10220	112785	36865	Rp1.807	Rp1.955	Rp3.120	Rp3.713	Rp2.637.952	Rp19.979.295	Rp351.853.371	Rp136.891.920	Rp511.362.539	Rp487.011.942
2	2022	1512	10578	116733	38156	Rp1.888	Rp2.043	Rp3.260	Rp3.880	Rp2.854.842	Rp21.609.719	Rp380.557.521	Rp148.061.692	Rp553.083.775	Rp501.663.288
3	2023	1565	10949	120819	39492	Rp1.973	Rp2.135	Rp3.407	Rp4.055	Rp3.087.884	Rp23.374.176	Rp411.602.676	Rp160.142.014	Rp598.206.750	Rp516.753.483
4	2024	1620	11333	125048	40875	Rp2.062	Rp2.231	Rp3.560	Rp4.238	Rp3.340.242	Rp25.282.676	Rp445.180.357	Rp173.208.904	Rp647.012.179	Rp532.298.521
5	2025	1677	11730	129425	42306	Rp2.155	Rp2.331	Rp3.720	Rp4.428	Rp3.613.369	Rp27.345.914	Rp481.497.136	Rp187.340.081	Rp699.796.499	Rp548.308.869
6	2026	1736	12141	133955	43787	Rp2.252	Rp2.436	Rp3.888	Rp4.627	Rp3.908.816	Rp29.577.753	Rp520.775.750	Rp202.623.690	Rp756.886.010	Rp564.799.994
7	2027	1797	12566	138644	45320	Rp2.353	Rp2.546	Rp4.063	Rp4.836	Rp4.228.242	Rp31.990.724	Rp563.260.368	Rp219.154.918	Rp818.634.253	Rp581.788.079
8	2028	1860	13006	143497	46907	Rp2.459	Rp2.660	Rp4.245	Rp5.053	Rp4.573.419	Rp34.600.873	Rp609.210.286	Rp237.036.523	Rp885.421.101	Rp599.287.853
9	2029	1926	13462	148520	48549	Rp2.569	Rp2.780	Rp4.437	Rp5.281	Rp4.948.809	Rp37.425.635	Rp658.909.299	Rp256.374.124	Rp957.657.867	Rp617.314.800
10	2030	1994	13934	153719	50249	Rp2.685	Rp2.905	Rp4.636	Rp5.518	Rp5.354.092	Rp40.481.043	Rp712.663.534	Rp277.292.175	Rp1.035.790.844	Rp635.885.727
11	2031	2064	14422	159100	52008	Rp2.806	Rp3.036	Rp4.845	Rp5.767	Rp5.791.441	Rp43.784.225	Rp770.803.107	Rp299.913.928	Rp1.120.292.701	Rp655.011.940
12	2032	2137	14927	164669	53829	Rp2.932	Rp3.173	Rp5.063	Rp6.026	Rp6.266.107	Rp47.356.653	Rp833.683.902	Rp324.383.745	Rp1.211.690.406	Rp674.714.558
13	2033	2212	15450	170433	55714	Rp3.064	Rp3.315	Rp5.291	Rp6.297	Rp6.777.892	Rp51.221.612	Rp901.694.761	Rp350.851.552	Rp1.310.545.817	Rp695.010.428
14	2034	2290	15991	176399	57664	Rp3.202	Rp3.465	Rp5.529	Rp6.581	Rp7.332.656	Rp55.400.881	Rp975.255.183	Rp379.472.333	Rp1.417.461.053	Rp715.914.153
15	2035	2371	16551	182573	59683	Rp3.346	Rp3.620	Rp5.777	Rp6.877	Rp7.933.662	Rp59.921.348	Rp1.054.811.827	Rp410.433.015	Rp1.533.099.852	Rp737.447.242
16	2036	2454	17131	188964	61772	Rp3.497	Rp3.783	Rp6.037	Rp7.186	Rp8.580.903	Rp64.812.137	Rp1.140.863.807	Rp443.914.771	Rp1.658.171.618	Rp759.627.524
17	2037	2540	17731	195578	63935	Rp3.654	Rp3.954	Rp6.309	Rp7.510	Rp9.281.292	Rp70.100.828	Rp1.233.931.412	Rp480.134.478	Rp1.793.448.010	Rp782.475.426
18	2038	2629	18352	202424	66173	Rp3.818	Rp4.131	Rp6.593	Rp7.848	Rp10.038.795	Rp75.821.018	Rp1.334.594.444	Rp519.303.606	Rp1.939.757.863	Rp806.009.457
19	2039	2722	18995	209509	68490	Rp3.990	Rp4.317	Rp6.890	Rp8.201	Rp10.861.640	Rp82.009.053	Rp1.443.465.088	Rp561.673.548	Rp2.098.009.329	Rp830.253.534
20	2040	2818	19660	216842	70888	Rp4.170	Rp4.512	Rp7.200	Rp8.570	Rp11.750.722	Rp88.699.731	Rp1.561.217.085	Rp607.499.352	Rp2.269.166.890	Rp855.225.136
Total Biaya Operasional Kendaraan														Rp13.096.801.951	

5.7 Analisis Biaya Selama Siklus Hidup

Pada subbab ini akan menjelaskan total biaya yang dikeluarkan akibat adanya jalan tersebut, yang terjadi selama siklus hidup pada jalan perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Pada analisis biaya selama siklus hidup, semua biaya yang dikeluarkan perlu dikonversikan ke nilai tahun ke-0 atau nilai sekarang (*present value*).

Analisis biaya selama siklus hidup adalah dengan menjumlahkan unsur-unsur biaya selama siklus hidup yaitu biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya operasi kendaraan. Biaya selama siklus hidup pada jalan perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.67 berikut.

Tabel 5.67 Biaya siklus selama siklus hidup perkerasan lentur

n	Tahun	Biaya Awal	Perawatan dan Rehabilitasi	BOK	Biaya Siklus Hidup
0	2020	Rp7.957.657.085,81			Rp7.957.657.085,81
1	2021		Rp66.372.801,38	Rp446.628.845,31	Rp513.001.646,69
2	2022		Rp497.145.804,13	Rp460.065.183,50	Rp957.210.987,63
3	2023		Rp411.300.106,89	Rp473.904.016,29	Rp885.204.123,18
4	2024		Rp492.422.355,33	Rp488.159.925,63	Rp980.582.280,96
5	2025		Rp407.392.289,54	Rp502.842.630,31	Rp910.234.919,85
6	2026		Rp487.743.784,66	Rp517.966.250,48	Rp1.005.710.035,13
7	2027		Rp403.521.600,90	Rp533.545.614,10	Rp937.067.215,00
8	2028		Rp483.109.665,70	Rp549.594.163,83	Rp1.032.703.829,54
9	2029		Rp399.687.688,18	Rp566.126.280,88	Rp965.813.969,06
10	2030		Rp993.552.767,46	Rp583.157.185,16	Rp1.576.709.952,62
11	2031		Rp395.890.201,98	Rp600.697.423,74	Rp996.587.625,72
12	2032		Rp473.973.097,62	Rp618.766.161,60	Rp1.092.739.259,22
13	2033		Rp392.128.796,21	Rp637.378.920,02	Rp1.029.507.716,23
14	2034		Rp469.469.815,81	Rp656.549.316,35	Rp1.126.019.132,16
15	2035		Rp388.403.128,05	Rp676.296.699,96	Rp1.064.699.828,01
16	2036		Rp465.009.320,28	Rp696.637.795,72	Rp1.161.647.116,00
17	2037		Rp384.712.857,97	Rp717.590.945,32	Rp1.102.303.803,29
18	2038		Rp460.591.204,52	Rp739.173.484,05	Rp1.199.764.688,56
19	2039		Rp381.057.649,64	Rp761.407.024,86	Rp1.142.464.674,50
20	2040		Rp1.063.806.395,60	Rp784.307.775,93	Rp1.848.114.171,53
Total					Rp29.485.744.060,69

Sedangkan biaya selama siklus hidup pada jalan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.68 berikut

Tabel 5.68 Biaya siklus selama siklus hidup perkerasan kaku

n	Tahun	Biaya Awal	Perawatan dan Rehabilitasi	BOK	Biaya Siklus Hidup
0	2020	Rp9.804.447.625,80			Rp9.804.447.625,80
1	2021		Rp66.372.801,38	Rp487.011.941,58	Rp553.384.742,96
2	2022		Rp149.934.494,57	Rp501.663.287,78	Rp651.597.782,35
3	2023		Rp65.742.184,51	Rp516.753.482,72	Rp582.495.667,23
4	2024		Rp148.509.946,88	Rp532.298.521,02	Rp680.808.467,90
5	2025		Rp204.710.348,71	Rp548.308.868,51	Rp753.019.217,22
6	2026		Rp147.098.934,00	Rp564.799.994,04	Rp711.898.928,05
7	2027		Rp64.498.868,58	Rp581.788.079,49	Rp646.286.948,07
8	2028		Rp145.701.327,35	Rp599.287.853,07	Rp744.989.180,43
9	2029		Rp63.886.056,20	Rp617.314.799,56	Rp681.200.855,76
10	2030		Rp280.617.654,51	Rp635.885.726,74	Rp916.503.381,25
11	2031		Rp63.279.066,24	Rp655.011.939,91	Rp718.291.006,15
12	2032		Rp142.945.824,43	Rp674.714.557,50	Rp817.660.381,93
13	2033		Rp62.677.843,36	Rp695.010.427,92	Rp757.688.271,28
14	2034		Rp141.587.677,03	Rp715.914.152,60	Rp857.501.829,62
15	2035		Rp195.168.494,41	Rp737.447.241,85	Rp932.615.736,26
16	2036		Rp140.242.433,56	Rp759.627.523,63	Rp899.869.957,19
17	2037		Rp61.492.480,24	Rp782.475.426,29	Rp843.967.906,53
18	2038		Rp138.909.971,44	Rp806.009.457,48	Rp944.919.428,92
19	2039		Rp60.908.231,95	Rp830.253.533,62	Rp891.161.765,58
20	2040		Rp267.537.647,61	Rp855.225.135,69	Rp1.122.762.783,30
Total					Rp25.496.812.883,17

5.8 Pembahasan

Pembahasan meliputi perencanaan tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku, biaya konstruksi untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku, biaya perawatan dan rehabilitasi jalan pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku, biaya pengguna jalan yang dalam hal ini biaya operasi kendaraan dan biaya selama siklus hidup untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

5.8.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

Perencanaan tebal perkerasan lentur maupun perkerasan kaku pada penelitian ini berdasarkan data lalu lintas yang diperoleh dari Bidang Bina Marga

Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman tahun 2019. Pada perencanaan tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Hasil dari perencanaan tebal perkerasan lentur adalah pada lapis permukaan menggunakan AC-WC 4 cm, lapis antara menggunakan AC-BC 6 cm, lapis pondasi atas menggunakan AC-base 8 cm dan lapis pondasi bawah menggunakan agregat kelas A tebal 21,5 cm. Hasil dari perencanaan tebal perkerasan kaku adalah perkerasan kaku menggunakan beton 30 MPa dengan tebal 27 cm dan lapis pondasi menggunakan beton kurus dengan tebal 10 cm dengan jenis perkerasan kaku beton bersambung tanpa tulangan.

5.8.2 Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

Berdasarkan pedoman AHSP Bidang Bina Marga maka analisa harga satuan pekerjaan dikelompokkan kedalam spesifikasi umum yang terdiri dari beberapa divisi umum pekerjaan. Perhitungan AHSP harus didahulukan dengan penentuan harga satuan dasar untuk tenaga kerja, material dan alat. Pada penelitian ini harga satuan dasar mengacu pada Peraturan Gubernur (PERGUB) DIY No. 40 Tahun 2018 tentang Standar Harga Barang dan Jasa Daerah. Setelah harga satuan dasar sudah ditentukan maka harga satuan pekerjaan dapat diperoleh. Harga satuan pekerjaan diperoleh dengan cara mengkalikan perkiraan kuantitas atau koefisien dengan harga satuan dasar. Setelah harga satuan dasar diperoleh maka harga satuan dasar tersebut dikelompokkan kedalam beberapa divisi umum pekerjaan sesuai dengan pedoman AHSP Bidang Bina Marga. Perbandingan jumlah harga pekerjaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.69 berikut

Tabel 5.69 Perbandingan jumlah harga pekerjaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan Perkerasan Lentur	Jumlah Harga Pekerjaan Perkerasan Kaku
1	Umum	49.225.000,00	40.940.000,00
2	Drainase	2.569.456.387,34	2.569.456.387,34
3	Pekerjaan Tanah	150.222.659,20	134.296.443,61
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	150.429.379,30	225.685.785,36
5	Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen	520.925.559,50	5.852.873.256,64
6	Perkerasan Aspal	3.704.092.396,71	0,00
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	89.882.332,32	89.882.332,32
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan	7.234.233.714,37	8.913.134.205,27
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	723.423.371,44	891.313.420,53
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	7.957.657.085,81	9.804.447.625,80

Perhitungan biaya konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku sudah dikonfirmasi dengan pihak Dinas PUPKP Kabupaten Sleman dibuktikan dengan surat keterangan yang menerangkan bahwa hasil perhitungan biaya konstruksi sudah sesuai. Surat keterangan terlampir pada Lampiran 13.

Berdasarkan Tabel 5.69 dapat diketahui pada perkerasan lentur jumlah pekerjaan tiap divisi yang paling besar adalah pada Divisi 6 Perkerasan Aspal dengan persentase 51,20% terhadap biaya total pekerjaan. Pada divisi tersebut mencakup pekerjaan lapis resap pengikat - aspal cair, pekerjaan lapis perekat - aspal cair, pekerjaan laston lapis aus (AC-WC), pekerjaan laston lapis antara (AC-BC), pekerjaan laston lapis pondasi (AC-Base). Sedangkan pada perkerasan kaku jumlah pekerjaan tiap divisi yang paling besar adalah pada Divisi 5 Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen dengan persentase 65,67% terhadap biaya total pekerjaan. Pada divisi tersebut mencakup pekerjaan Perkerasan Beton Semen $f_c'30$ Mpa, Pekerjaan Lapis Pondasi beton kurus/*lean-mix concrete* (LMC), dan Pekerjaan Penulangan.

Jika dilihat dari jumlah total harga pekerjaan (termasuk PPN 10%) berdasarkan Tabel 5.69 perkerasan lentur memiliki jumlah total harga pekerjaan terendah yaitu Rp 7.957.657.085,81 dibanding dengan perkerasan kaku yang memiliki jumlah total harga pekerjaan sebesar Rp 9.804.447.625,80. Jika dilihat dari biaya konstruksi saja perkerasan lentur lebih hemat 18,84% dibanding dengan perkerasan kaku.

5.8.3 Biaya Perawatan dan Rehabilitasi Jalan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

Biaya perawatan dan rehabilitasi jalan bergantung pada rencana perawatan rehabilitasi pada perkerasan tersebut. Pada penelitian ini rencana perawatan dan rehabilitasi jalan mengacu pada arahan yang diberikan oleh Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman melalui wawancara. Rencana perawatan dan rehabilitasi jalan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.27 untuk perkerasan lentur dan Tabel 5.35 untuk perkerasan kaku.

Berdasarkan Tabel 5.29 untuk perkerasan lentur dan Tabel 5.37 untuk perkerasan kaku diketahui bahwa volume pekerjaan untuk perawatan dan rehabilitasi jalan diasumsikan sama pada setiap tahun pelaksanaannya. Berdasarkan Tabel 5.32 dan Tabel 5.33 untuk perkerasan lentur dan Tabel 5.40 dan Tabel 5.41 untuk perkerasan kaku harga pekerjaan dari perawatan dan rehabilitasi jalan akan mengalami peningkatan setiap tahun pelaksanaannya, hal ini dikarenakan adanya inflasi. Oleh karena itu biaya perawatan dan rehabilitasi setiap tahun pelaksanaannya akan meningkat.

Berdasarkan Tabel 5.34 untuk perkerasan lentur dan Tabel 5.42 untuk perkerasan kaku diperoleh nilai sekarang (*present value*) berdasarkan nilai masa depan (*future value*) dari biaya perawatan dan rehabilitasi jalan. Tabel 5.34 dan Tabel 5.42 menunjukkan bahwa ada selisih harga antara nilai masa depan (*future value*) dan nilai sekarang (*present value*), semakin meningkatnya tahun selisih yang diperoleh juga semakin besar. Selisih harga dipengaruhi oleh tingkat pengali terhadap nilai masa depan yakni diskonto faktor yang menurun dengan meningkatnya tahun. Perbandingan nilai sekarang biaya perawatan perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.70 berikut.

Tabel 5.70 Biaya perawatan jalan perkerasan lentur dan perkerasan kaku

Tahun	Biaya perawatan dan rehabilitasi		
	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku	
1	2021	Rp66.372.801,38	Rp66.372.801,38
2	2022	Rp497.145.804,13	Rp149.934.494,57
3	2023	Rp411.300.106,89	Rp65.742.184,51
4	2024	Rp492.422.355,33	Rp148.509.946,88
5	2025	Rp407.392.289,54	Rp204.710.348,71
6	2026	Rp487.743.784,66	Rp147.098.934,00
7	2027	Rp403.521.600,90	Rp64.498.868,58
8	2028	Rp483.109.665,70	Rp145.701.327,35
9	2029	Rp399.687.688,18	Rp63.886.056,20
10	2030	Rp993.552.767,46	Rp280.617.654,51
11	2031	Rp395.890.201,98	Rp63.279.066,24
12	2032	Rp473.973.097,62	Rp142.945.824,43
13	2033	Rp392.128.796,21	Rp62.677.843,36
14	2034	Rp469.469.815,81	Rp141.587.677,03
15	2035	Rp388.403.128,05	Rp195.168.494,41
16	2036	Rp465.009.320,28	Rp140.242.433,56
17	2037	Rp384.712.857,97	Rp61.492.480,24
18	2038	Rp460.591.204,52	Rp138.909.971,44
19	2039	Rp381.057.649,64	Rp60.908.231,95
20	2040	Rp1.063.806.395,60	Rp267.537.647,61
Total		Rp9.517.291.331,86	Rp2.611.822.286,98

Berdasarkan Tabel 5.68 perkerasan kaku memiliki total biaya perawatan dan rehabilitasi terendah yaitu Rp 2.611.822.286,98 dibandingkan dengan perkerasan lentur yang memiliki total biaya perawatan dan rehabilitasi sebesar Rp 9.517.291.331,86. Jika dilihat dari biaya perawatan dan rehabilitasi pada perkerasan kaku dinilai lebih hemat 72,56% dibandingkan dengan perkerasan lentur.

5.8.4 Biaya Pengguna Jalan

Biaya pengguna jalan didapat dari analisis Biaya Operasi Kendaraan (BOK). Pada penelitian ini analisis BOK yang digunakan adalah analisis BOK setelah adanya proyek pembangunan, dengan kata lain analisis BOK pada jalan baru. Pada perhitungan BOK pekerasan lentur dan perkerasan kaku terdapat perbedaan yaitu pada pada konsumsi bahan bakar menurut Ashok,dkk pada perkerasan kaku lebih sedikit 14% dari perkerasan lentur dan menurut Bidang Bina Marga Dinas PUPKP Kabupaten Sleman nilai IRI pada perkerasan lentur adalah 3 m/km sedangkan nilai IRI perkerasan kaku adalah 3,5 m/km.

Berdasarkan Tabel 5.63 untuk perkerasan lentur dan Tabel 5.64 untuk perkerasan kaku menampilkan peningkatan pertumbuhan kendaraan akan berpengaruh pada nilai total BOK. Artinya jika volume lalu lintas ada jalan tersebut meningkat setiap tahunnya maka nilai masa depan (*future value*) maupun nilai sekarang (*present value*) total BOK juga akan meningkat. Selain itu dapat diketahui juga nilai BOK akan meningkat setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan nilai BOK dipengaruhi oleh inflasi setiap tahunnya.

Tabel 5.63 untuk perkerasan lentur dan Tabel 5.64 untuk perkerasan kaku menunjukkan bahwa ada selisih harga antara nilai masa depan (*future value*) dan nilai sekarang (*present value*), semakin meningkatnya tahun selisih yang diperoleh juga semakin besar. Selisih harga dipengaruhi oleh tingkat pengali terhadap nilai masa depan yakni diskonto faktor yang menurun dengan meningkatnya tahun. Perbandingan nilai total BOK untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.71 berikut.

Tabel 5.71 Biaya operasi kendaraan pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku

Tahun		Biaya operasi kendaraan	
		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	2021	Rp446.628.845	Rp487.011.942
2	2022	Rp460.065.184	Rp501.663.288
3	2023	Rp473.904.016	Rp516.753.483
4	2024	Rp488.159.926	Rp532.298.521
5	2025	Rp502.842.630	Rp548.308.869
6	2026	Rp517.966.250	Rp564.799.994
7	2027	Rp533.545.614	Rp581.788.079
8	2028	Rp549.594.164	Rp599.287.853
9	2029	Rp566.126.281	Rp617.314.800
10	2030	Rp583.157.185	Rp635.885.727
11	2031	Rp600.697.424	Rp655.011.940
12	2032	Rp618.766.162	Rp674.714.558
13	2033	Rp637.378.920	Rp695.010.428
14	2034	Rp656.549.316	Rp715.914.153
15	2035	Rp676.296.700	Rp737.447.242
16	2036	Rp696.637.796	Rp759.627.524
17	2037	Rp717.590.945	Rp782.475.426
18	2038	Rp739.173.484	Rp806.009.457
19	2039	Rp761.407.025	Rp830.253.534
20	2040	Rp784.307.776	Rp855.225.136
Total		Rp12.010.795.643,02	Rp13.096.801.951,00

Berdasarkan Tabel 5.71 perkerasan lentur memiliki total biaya operasi kendaraan terendah yaitu Rp12.010.795.643,02 dibandingkan dengan perkerasan kaku yang memiliki total biaya operasi kendaraan sebesar Rp13.096.801.951,00. Jika dilihat dari biaya operasi kendaraan pada perkerasan lentur dinilai lebih hemat 8,29% dibandingkan dengan perkerasan kaku.

Penelitian tentang biaya pengguna jalan belum banyak dilakukan, maka perlu adanya penelitian tentang biaya pengguna jalan yang lebih detail.

5.8.5 Biaya Selama Siklus Hidup

Biaya selama siklus hidup adalah total biaya selama siklus hidup yang terjadi akibat adanya pembangunan jalan perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Pada analisis selama siklus hidup, semua biaya yang dikeluarkan perlu dikonversikan ke nilai tahun ke-0 atau nilai sekarang (*present value*).

Analisis biaya selama siklus hidup terdiri dari beberapa unsur yang akan dijumlahkan yaitu biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya operasi kendaraan. Rekapitulasi biaya siklus hidup pada jalan perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.72 sedangkan rekapitulasi biaya siklus hidup pada jalan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.73.

Tabel 5.72 Rekapitulasi biaya selama siklus hidup pada jalan perkerasan lentur

Parameter	Biaya	Persentase
Biaya Konstruksi	Rp7.957.657.085,81	26,99%
Biaya Perawatan dan Rehabilitasi	Rp9.517.291.331,86	32,28%
Biaya Operasi Kendaraan	Rp12.010.795.643,02	40,73%
Total	Rp29.485.744.060,69	

Tabel 5.73 Rekapitulasi biaya selama siklus hidup pada jalan perkerasan kaku

Parameter	Biaya	Persentase
Biaya Konstruksi	Rp9.804.447.625,80	38,43%
Biaya Perawatan dan Rehabilitasi	Rp2.611.822.286,98	10,24%
Biaya Operasi Kendaraan	Rp13.096.801.951,00	51,33%
Total	Rp25.513.071.863,78	

Berdasarkan Tabel 5.72 pada perkerasan lentur didapat biaya selama siklus hidup sebesar Rp 29.485.744.060,69 dimana 40,73% merupakan biaya operasi

kendaraan, 32,28% merupakan biaya perawatan dan rehabilitasi dan 26,99% merupakan biaya konstruksi. Sedangkan pada Tabel 5.73 pada perkerasan kaku didapat biaya selama siklus hidup sebesar Rp 25.513.071.863,78 dimana 51,33% merupakan biaya operasi kendaraan, 38,43% merupakan biaya konstruksi dan 10,24% merupakan biaya perawatan dan rehabilitasi.

Berdasarkan Tabel 5.72 dan Tabel 5.73 juga dapat diketahui biaya selama siklus hidup pada perkerasan kaku memiliki total biaya yang lebih rendah yaitu Rp 25.513.071.863,78 dibanding dengan biaya selama siklus hidup perkerasan lentur yang memiliki biaya total Rp 29.485.744.060,69. Biaya selama 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.

5.8.6 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Pada subbab ini akan menjelaskan perbandingan hasil antara penelitian ini dengan penelitian yang sudah terlebih dahulu dilakukan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ashok, dkk (2017), Shafi, dkk (2016), dan Kartadipura (2011) memiliki hasil bahwa biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih kecil dibandingkan dengan perkerasan lentur. Hal ini sama dengan penelitian ini yang memberikan hasil bahwa biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih kecil dibandingkan dengan perkerasan lentur. Perbedaan hasil terdapat pada nilai persentasenya, hal ini diduga dikarenakan desain perkerasan yang tidak sama, kondisi lalu lintas yang tidak sama, serta strategi perawatan dan rehabilitasi yang tidak sama.

Pada penelitian yang dilakukan Rachmayati (2014) memiliki hasil bahwa biaya selama siklus hidup perkerasan lentur lebih kecil dibandingkan dengan perkerasan kaku. Hal ini berbeda dengan hasil pada penelitian ini yang memberikan hasil biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih kecil dibanding perkerasan lentur. Perbedaan hasil ini diduga dikarenakan pada penelitian Rachmayati (2014) biaya perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku memiliki pekerjaan yang lebih banyak dibandingkan dengan penelitian ini. Pada penelitian Rachmayati (2014) yang termasuk dalam pekerjaan perawatan dan

rehabilitasi perkerasan kaku adalah penyegelan sambungan, *patching*, dan *surfacing*, sedangkan pada penelitian ini pekerjaan perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku mengikuti arahan dari Dinas PUPKP Kabupaten Sleman yang pekerjaannya penyegelan sambungan, pengecatan marka, dan pembersihan bahu jalan dan drainase.

Pada penelitian Scheving (2011) memiliki hasil bahwa biaya selama siklus hidup pada LHR 2.500 kend/hari menghasilkan perkerasan lentur akan lebih hemat 9,96% dibanding perkerasan kaku, sedangkan jika LHR 15.000 kend/hari maka perkerasan kaku akan lebih hemat 0,80% dibanding dengan perkerasan lentur. Sehingga ketika LHR 14.000 kend/hari, biaya yang dihasilkan biaya selama siklus hidup hampir sama, tetapi jika LHR lebih dari 14.000 kend/hari, maka akan lebih ekonomis jika menggunakan perkerasan kaku. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pada kondisi beban lalu lintas yang besar perkerasan kaku akan lebih hemat untuk diaplikasikan. Perbandingan dengan penelitian ini adalah beban lalu lintas yang melewati pada ruas jalan yang diteliti bisa dikatakan memiliki beban lalu lintas yang berat dikarenakan 92,76% kendaraan yang lewat merupakan kendaraan niaga (lebih dari 5 ton), sehingga pada penelitian ini lebih layak diaplikasikan perkerasan kaku.

Pada penelitian Xu dan Zhang (2009) memiliki hasil *semi-rigid base perpetual asphalt pavement* (struktur B) merupakan perkerasan yang memiliki biaya siklus hidup terendah dibandingkan dua perkerasa lainnya. Struktur B lebih hemat 27,74% dibanding Struktur A dan Struktur B lebih hemat 50,77% dibanding Struktur C. Perbandingan penelitian yang dilakukan Xu dan Zhang (2009) dengan penelitian ini adalah penelitian Xu dan Zhang (2009) berfokus pada perbandingan biaya selama siklus hidup lapisan pondasinya, sedangkan pada penelitian ini lebih difokuskan pada biaya selama siklus hidup perkerasan secara keseluruhan. Penelitian Xu dan Zhang (2009) dan penelitian ini tetap memiliki konsep yang sama dengan membandingkan biaya selama siklus hidup perkerasan jalan yang didalamnya mencakup unsur biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya pengguna jalan.

Pada Penelitian Waluyo, Nuswantoro, dan Lendra (2008) memiliki hasil bahwa biaya konstruksi perkerasan lentur lebih kecil dibandingkan perkerasan

kaku. Hal ini sama dengan penelitian ini yang memberikan hasil biaya konstruksi perkerasan lentur juga lebih kecil dibanding dengan perkerasan kaku. Perbedaan hasil biaya konstruksi terdapat pada persentasenya, hal ini dikarenakan desain struktur yang berbeda.

Pada penelitian Muthaher (2017) yang berlokasi sama dengan penelitian ini yaitu di ruas Jalan Balong-Plosokerep menghasilkan bahwa menghasilkan nilai B/C-R sebesar 0,644. Artinya ruas jalan dengan perkerasan kaku tersebut tidak memenuhi indikator kelayakan nilai B/C-R yakni diatas 1,0. Hal ini berbeda dengan penelitian ini yang menurut hasil analisis biaya selama siklus hidup menghasilkan perkerasan kaku lebih layak diaplikasikan. Pada penelitian yang dilakukan Muthaher (2017) manfaat yang dimasukkan hanya manfaat yang bisa diukur dalam bentuk satuan uang atau manfaat nyata (*tangible benefit*). Pada penilaian kelayakan infrastruktur khususnya jalan seharusnya tidak hanya mempertimbangkan manfaat nyata (*tangible benefit*) saja tetapi juga manfaat tidak nyata (*intangibile benefit*) atau manfaat yang tidak bisa diukur dengan satuan uang. Pada pembangunan ruas Jalan Balong-Plosokerep yang termasuk dalam manfaat tidak nyata (*intangibile benefit*) adalah lancarnya kegiatan sosial dan ekonomi untuk masyarakat sekitar, selain itu manfaat tidak nyata (*intangibile benefit*) yang lain adalah kelancaran proses evakuasi jika terjadi bencana gunung api Gunung Merapi, karena ruas Jalan Balong-Plosokerep merupakan jalur evakuasi bencana. Apabila manfaat-manfaat ini disertakan dalam analisis B/C-R maka nilai rasionya akan meningkat dan diduga layak perkerasan kaku layak untuk diaplikasikan.

Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang dapat dilihat pada Tabel 5.74 berikut.

Tabel 5.74 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

No.	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan Penelitian ini
1	Ashok, Patil, dan Pataskar (2017)	<i>Life Cycle Cost Analysis of Bituminous Pavements and Concrete Pavements in Urban</i>	Biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih sedikit 5% dari pada perkerasan lentur.	Hasil analisis biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih sedikit 13,47% dari pada perkerasan lentur. Perbedaan pada nilai presentase diduga dikarenakan desain perkerasan yang tidak sama, kondisi lalu lintas yang tidak sama, serta strategi perawatan dan rehabilitasi yang tidak sama.
2	Shafi, Shakeel, dan Pai (2016)	<i>Life Cycle Cost Analysis of Road Pavements in Rural Areas</i>	Biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih sedikit 20-25% dari pada perkerasan lentur.	Hasil analisis biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih sedikit 13,47% dari pada perkerasan lentur. Perbedaan pada nilai presentase diduga dikarenakan desain perkerasan yang tidak sama, kondisi lalu lintas yang tidak sama, serta strategi perawatan dan rehabilitasi yang tidak sama.
3	Rachmayati (2014)	Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Biaya selama siklus hidup perkerasan lentur lebih sedikit 27,99% dari pada perkerasan kaku.	Hasil analisis selama siklus hidup berbeda di mana pada penelitian ini perkerasan kaku lebih sedikit 13,47% dari perkerasan lentur. Hal ini dikarenakan pekerjaan perawatan dan rehabilitasi untuk perkerasan kaku pada penelitian Rachmayati (2014) lebih banyak dibandingkan dengan penelitian ini.

Lanjutan Tabel 5.74 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

No.	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan Penelitian ini
4	Scheving (2011)	<i>Life Cycle Cost Analysis of Asphalt and Concrete Pavements</i>	Biaya selama siklus hidup pada LHR 2.500 kend/hari menghasilkan perkerasan lentur akan lebih hemat 9,96% dibanding perkerasan kaku, sedangkan jika LHR 15.000 kend/hari maka perkerasan kaku akan lebih hemat 0,80% dibanding dengan perkerasan lentur. Sehingga ketika LHR 14.000 kend/hari, biaya yang dihasilkan biaya selama siklus hidup hampir sama, tetapi jika LHR lebih dari 14.000 kend/hari, maka akan lebih ekonomis jika menggunakan perkerasan kaku	Dapat disimpulkan pada penelitian Scheving (2011) menghasilkan pada beban lalu lintas yang besar maka perkerasan yang layak diaplikasikan adalah perkerasan kaku. Pada penelitian ini beban lalu lintas yang melewati ruas jalan Balong-Plosokerep bisa dikatakan memiliki beban lalu lintas yang berat dikarenakan 92,76% kendaraan yang lewat merupakan kendaraan niaga (lebih dari 5 ton), sehingga pada penelitian ini lebih layak diaplikasikan perkerasan kaku
5	Kartadipura (2011)	Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode <i>Annual Worth</i>	Biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih sedikit 29,70% dari pada perkerasan lentur	Hasil analisis biaya selama siklus hidup perkerasan kaku lebih sedikit 13,47% dari pada perkerasan lentur. Perbedaan pada nilai presentase diduga dikarenakan desain perkerasan yang tidak sama, kondisi lalu lintas yang tidak sama, serta strategi perawatan dan rehabilitasi yang tidak sama.

Lanjutan Tabel 5.74 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

No.	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan Penelitian ini
6	Xu dan Zhang (2009)	<i>Life Cycle Costs Analysis of Perpetual Asphalt</i>	Hasil analisis biaya selama siklus hidup hasil <i>semi-rigid base perpetual asphalt pavement</i> (struktur B) merupakan perkerasan yang memiliki biaya siklus hidup terendah dibandingkan dua perkerasa lainnya. Struktur B lebih hemat 27,74% dibanding Struktur A dan Struktur B lebih hemat 50,77% dibanding Struktur C.	Penelitian Xu dan Zhang (2009) berfokus pada perbandingan biaya selama siklus hidup lapisan pondasinya, sedangkan pada penelitian ini lebih difokuskan pada biaya selama siklus hidup perkerasan secara keseluruhan. Penelitian Xu dan Zhang (2009) dan penelitian ini tetap memiliki konsep yang sama dengan membandingkan biaya selama siklus hidup perkerasan jalan yang didalamnya mencakup unsur biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya pengguna jalan.
7	Waluyo, Nuswantoro, dan Lendra (2008)	Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Biaya konstruksi antara perkerasan lentur lebih hemat 24,15 % dibandingkan perkerasan kaku.	penelitian ini memberikan hasil biaya konstruksi perkerasan lentur lebih kecil 18,84% dibanding dengan perkerasan kaku. Perbedaan hasil biaya konstruksi terdapat pada persentasenya, hal ini dikarenakan desain struktur yang berbeda.

Lanjutan Tabel 5.74 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

No.	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan Penelitian ini
8	Muthaher (2017)	Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan	Hasil analisis <i>Benefit Cost Ratio</i> menghasilkan nilai B/C-R sebesar 0,644. Artinya ruas jalan dengan perkerasan kaku tersebut tidak memenuhi indikator kelayakan nilai B/C-R yakni diatas 1,0	Pada penelitian ini menghasilkan perkerasan kaku lebih layak untuk diaplikasikan. Pada penelitian yang dilakukan Muthaher (2017) manfaat yang dimasukan hanya manfaat nyata (<i>tangible benefit</i>) saja. Pada penilaian kelayakan jalan seharusnya juga harus mempertimbangkan manfaat tidak nyata (<i>intangibile benefit</i>). Manfaat tidak nyata (<i>intangibile benefit</i>) pada penelitian ini adalah lancarnya kegiatan sosial dan ekonomi untuk masyarakat sekitar serta kelancaran proses evakuasi jika terjadi bencana gunung api Gunung Merapi, karena ruas Jalan Balong-Plosokerep merupakan jalur evakuasi bencana.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Analisis Biaya Selama Siklus Hidup Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada Perencanaan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta) adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil penelitian yang melakukan analisis perencanaan tebal perkerasan jalan pada Ruas Jalan Balong-Plosokerep diperoleh untuk perkerasan lentur adalah pada lapis permukaan menggunakan AC-WC 4 cm, lapis antara menggunakan AC-BC 6 cm, lapis pondasi atas menggunakan AC-base 8 cm dan lapis pondasi bawah menggunakan agregat kelas A tebal 21,5 cm. Sedangkan untuk perkerasan kaku adalah perkerasan kaku menggunakan beton 30 MPa dengan tebal 27 cm dan lapis pondasi menggunakan beton kurus dengan tebal 10 cm dengan jenis perkerasan kaku beton bersambung tanpa tulangan.
2. Untuk menghitung biaya selama siklus hidup pada ruas jalan Balong-Plosokerep perlu menghitung beberapa unsur yang akan dijumlahkan yang meliputi, biaya konstruksi, biaya perawatan dan rehabilitasi, dan biaya yang ditanggung pengguna jalan.

Pada biaya konstruksi perkerasan lentur memiliki biaya konstruksi terendah yaitu Rp 7.957.657.085,81 dibanding dengan perkerasan kaku yang memiliki jumlah total harga pekerjaan sebesar Rp 9.804.447.625,80. Jika dilihat dari biaya konstruksi saja perkerasan lentur lebih hemat 18,84% dibanding dengan perkerasan kaku.

Pada biaya perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku memiliki total biaya perawatan dan rehabilitasi terendah yaitu Rp 2.611.822.286,98 dibandingkan dengan perkerasan lentur yang memiliki total biaya perawatan dan rehabilitasi sebesar Rp 9.517.291.331,86. Jika dilihat dari biaya perawatan dan

rehabilitasi pada perkerasan kaku dinilai lebih hemat 72,56% dibandingkan dengan perkerasan lentur.

Pada biaya pengguna jalan perkerasan lentur memiliki total biaya operasi kendaraan terendah yaitu Rp12.010.795.643,02 dibandingkan dengan perkerasan kaku yang memiliki total biaya operasi kendaraan sebesar Rp13.096.801.951,00. Jika dilihat dari biaya operasi kendaraan pada perkerasan lentur dinilai lebih hemat 8,29% dibandingkan dengan perkerasan kaku.

Setelah diketahui biaya konstruksi, biaya perawatan, dan Biaya Operasi Kendaraan (BOK) maka biaya selama siklus hidup bisa diketahui. Pada perkerasan lentur biaya selama siklus hidup adalah Rp 29.485.744.060,69, sedangkan pada perkerasan kaku biaya selama siklus hidup adalah Rp 25.513.071.863,78.

3. Berdasarkan hasil penelitian biaya selama siklus hidup pada perkerasan kaku memiliki total biaya yang lebih rendah yaitu Rp 25.513.071.863,78 dibanding dengan biaya selama siklus hidup perkerasan lentur yang memiliki biaya total Rp 29.485.744.060,69. Biaya selama 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.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian di atas, penulis mencoba memberikan beberapa saran. Adapun saran-saran tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan berbagai alternatif jenis perkerasan jalan lainnya dengan harapan bisa menjadi referensi biaya selama siklus hidup mana yang paling efisien sehingga bisa diketahui jenis perkerasan yang paling layak untuk diaplikasikan.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait perencanaan perawatan dan rehabilitasi jalan, hal ini karena perencanaan perawatan dan perawatan jalan akan berpengaruh dalam biaya selama siklus hidup jalan tersebut.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang biaya pengguna jalan, hal ini karena biaya pengguna jalan akan berpengaruh dalam analisis biaya siklus hidup.



DAFTAR PUSTAKA

- Ashok, S.P., Patil, A.R., Pataskar, S.V. (2017) “Life Cycle Cost Analysis of Bituminous Pavements and Concrete Pavements in Urban Areas,” *International Journal for Science and Advance Research in Technology*, Volume III Nomor 7, Juli 2017, Halaman 1 – 9.
- Asiyanto. (2010). *Metode Konstruksi Proyek Jalan*, UI Press, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2003). *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987). *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan: 1. Biaya Tidak Tetap (Running Cost)*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2011). *Pedoman Konstruksi Bangunan Desain Perkerasan Jalan Lentur*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Ervianto, W.I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi*. CV. Andi Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2015). *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardwiyono, S. *Metode Pelaksanaan Perkerasan Jalan*, tersedia di <http://thesis.umsu.ac.id/datapubliknonthesis/EBUMY2275.pdf>, 2013, 19 Mei 2019.
- Haryanto, I., & Utomo, H. B. *Bahan Ajar Perkerasan Jalan*, tersedia di https://www.academia.edu/23757103/BUKU_AJAR_MATA_KULIAH_PERKERASAN_JALAN_RAYA, 2012, 26 Mei 2019.
- Ibrahim, H.B. (2003). *Rencana dan Estimate Real Of Cost*. PT. Bumi Aksara, Jakarta.
- Kartadipura, R.H. (2011). “Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode *Annual Worth*,” *Info Teknik*, Universitas

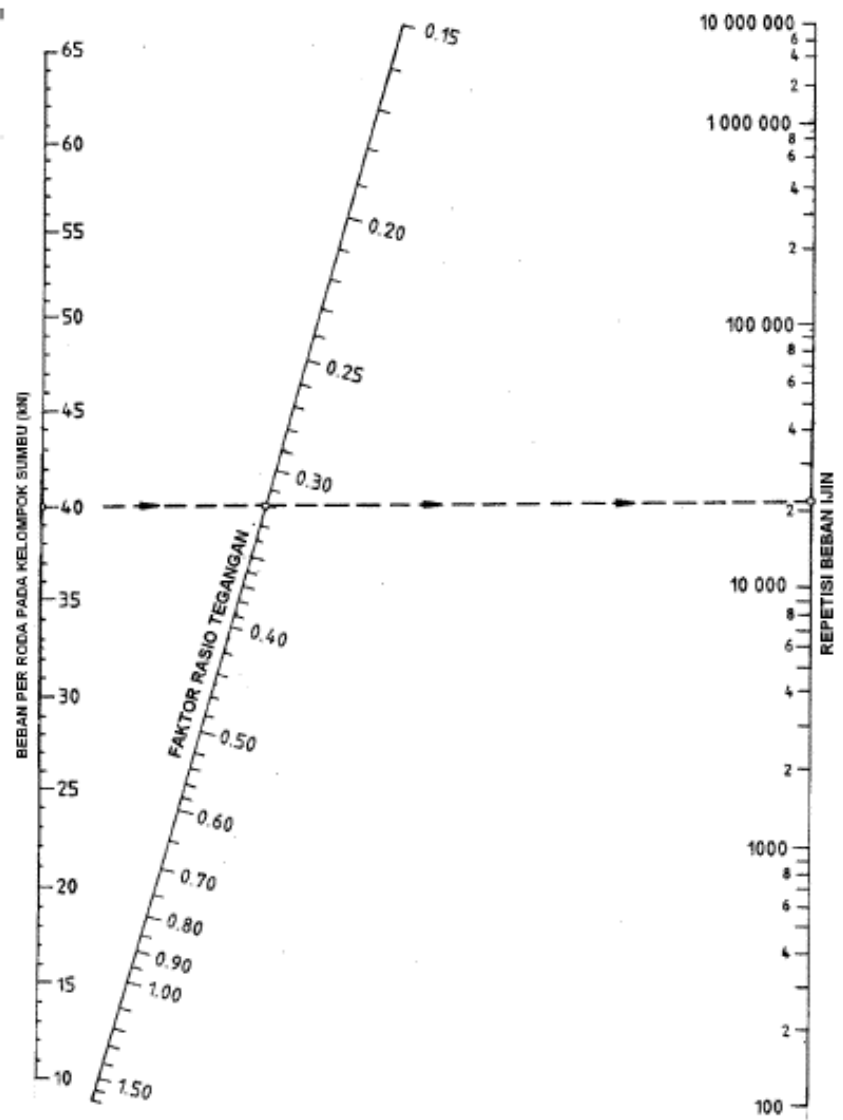
- Lambung Mangkurat, Volume XII Nomor 2, Banjarmasin Desember 2011, Halaman 54 – 60.
- Marzuq Muthaher, A.M., “Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan,”(<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/4868>), 2017
- Menteri Pekerjaan Umum. (2016). *Permen PUPR tentang Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*, Kementerian PUPR, Jakarta.
- Menteri Perhubungan. (2014). *Permen tentang Marka Jalan*, Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Mohammed Shafi, A.M., Shakeel, A.A., Pai, S.K. (2018) “Life Cycle Cost Analysis Of Road Pavements In Rural Areas,” *International Journal of Science, Technology and Management*, Volume V Nomor 8, Agustus 2018, Halaman 260 – 267.
- Rachmayati, D. (2014). “Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur,” *Jurnal Jalan dan Jembatan*, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Volume XXXI, Nomor 2, Bandung Agustus 2014, Halaman 94 -110.
- Scheving, A.G., “Life Cycle Cost Analysis of Asphalt and Concrete Pavements”, Reykjavik University, Iceland, (<https://skemman.is/bitstream/1946/7684/1/Life%20Cycle%20Cost%20Analysis%20of%20Asphalt%20and%20Concrete%20Pavements.pdf>), 2011.
- Thuesen, Gerald J. dan Fabrycky, W.J. (2002). *Ekonomi Teknik*, PT. Ikrar Mandiri Abadi, Jakarta.
- Waluyo, R., Nuswantoro, W., Lendra. (2008). “Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur,” *Jurnal Teknik Sipil*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya, Volume IX Nomor 1, Palangka Raya Oktober 2008, Halaman 1 – 10.
- Xu, Y. & Zhang, C. (2009). "Life Cycle Costs Analysis of Perpetual Asphalt Pavement," *2009 International Conference on Management and Service Science*, Wuhan, China September 2009, Halaman 1-5.

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	1,11	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

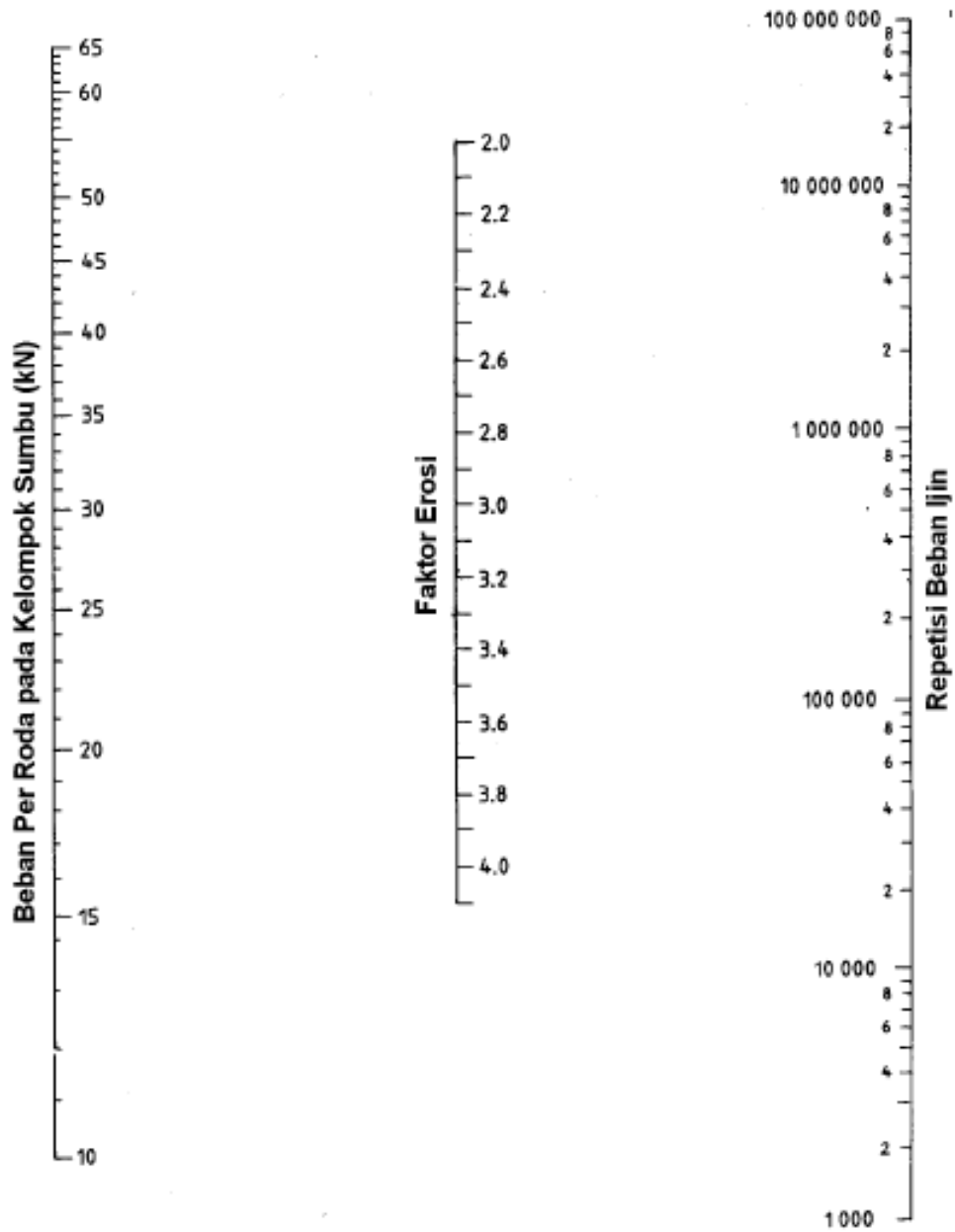
sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

Lampiran 2. Nomogram Analisa Fatik Dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan /tanpa Bahu Beton Tanpa Bahu Beton



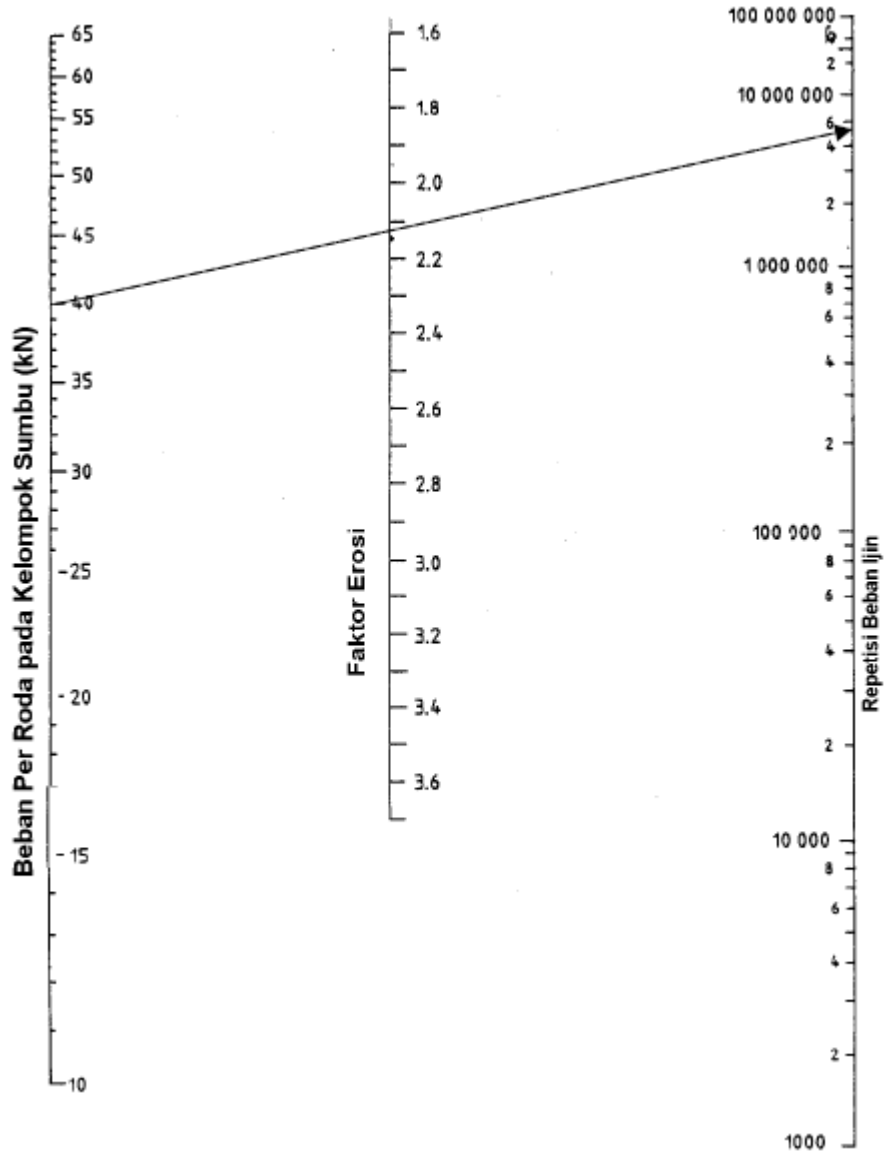
sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

Lampiran 3. Nomogram Analisa Erosi dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton



sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

Lampiran 4. Nomogram Analisa Erosi dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Bahu Beton



sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

Lampiran 5. Harga Satuan Upah, Bahan dan Alat

1. Harga Satuan Upah Pekerja

No.	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp.)
1.	Pekerja	Jam	10.125,00
2.	Tukang	Jam	11.553,57
3.	M a n d o r	Jam	12.267,86
4.	Operator	Jam	12.267,86
5.	Pembantu Operator	Jam	10.839,29
6.	Sopir / Driver	Jam	11.553,57
7.	Pembantu Sopir / Driver	Jam	10.125,00
8.	Mekanik	Jam	12.982,14
9.	Pembantu Mekanik	Jam	11.553,57
10.	Kepala Tukang	Jam	12.267,86

2. Harga Satuan Bahan

No.	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp.)
1.	Pasir Beton (Kasar)	M3	320.000,00
2.	Batu Kali	M3	145.000,00
3.	Agregat Pecah Kasar	M3	205.862,45
4.	Agg. Halus LP A	M3	193.998,20
5.	Agregat Lolos # 1 "	M3	212.816,60
6.	Lolos screen1 ukuran (0 - 5)	M3	193.998,20
7.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	226.724,90
8.	Lolos screen2 ukuran (5 - 9,5)	M3	212.816,60
9.	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	201.689,96
10.	Aspal	KG	17.000,00
11.	Kerosen / Minyak Tanah	LITER	11.220,00
12.	Semen / PC (50kg)	Zak	51.000,00
13.	Semen / PC (kg)	Kg	1.020,00
14.	Kawat Beton	Kg	25.000,00
15.	S i r t u	M3	185.000,00
16.	Cat Marka (Thermoplastic)	Kg	78.000,00
17.	P a k u	Kg	26.000,00
18.	Kayu bekisting	M3	750.000,00
19.	Agr.Base Kelas A	M3	227.940,75
20.	Agr.Base Kelas B	M3	223.172,36
21.	Thinner	LITER	37.000,00
22.	Glass Bead	Kg	39.000,00

No.	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp.)
23.	Baja Tulangan	Kg	19.000,00
24.	Beton K-175	M3	857.146,05
25.	Multipleks 12 mm	Lbr	254.000,00
26.	Joint Sealent	Kg	38.000,00
27.	Cat Anti Karat	Kg	46.000,00
28.	Expansion Cap	M2	14.000,00
29.	Polytene 125 mikron	Kg	22.000,00
30.	Curing Compound	Ltr	65.000,00
31.	Additive	Ltr	108.000,00

3. Harga Satuan Alat

No.	Jenis Alat	Satuan	Harga Satuan (Rp.)
1	Asphalt Mixing Plant	jam	4.785.421,02
2	Asphalt Finisher	jam	186.024,30
3	Asphalt Sprayer	jam	67.838,86
5	Compressor 4000-6500 L\M	jam	88.116,86
6	Concrete Mixer 0.3-0.6 M3	jam	40.728,37
9	Dump Truck	jam	120.639,54
10	Excavator 80-140 Hp	jam	366.179,51
12	Generator Set	jam	274.087,79
13	Motor Grader >100 Hp	jam	242.253,40
15	Wheel Loader 1.0-1.6 M3	jam	240.640,90
17	Tandem Roller 6-8 T.	jam	137.959,31
18	Pneumatic Tire Roller	jam	155.965,90
19	Vibratory Roller 5-8 T.	jam	61.460,45
20	Concrete Vibrator	jam	44.668,63
23	Water Tanker 3000-4500 L.	jam	138.713,18
43	Concrete Mixer Plan	jam	1.592.152,78
49	Truk Mixer	jam	378.548,61

Lampiran 6. Data Tingkat Inflasi 5 Tahun Terakhir

Bulan	Tingkat Inflasi
Desember 2019	2,72%
Nopember 2019	3,00%
Oktober 2019	3,13%
Sep-19	3,39%
Agustus 2019	3,49%
Juli 2019	3,32%
Juni 2019	3,28%
Mei 2019	3,32%
Apr-19	2,83%
Maret 2019	2,48%
Februari 2019	2,57%
Januari 2019	2,82%
Desember 2018	3,13%
Nopember 2018	3,23%
Oktober 2018	3,16%
Sep-18	2,88%
Agustus 2018	3,20%
Juli 2018	3,18%
Juni 2018	3,12%
Mei 2018	3,23%
Apr-18	3,41%
Maret 2018	3,40%
Februari 2018	3,18%
Januari 2018	3,25%
Desember 2017	3,61%
Nopember 2017	3,30%
Oktober 2017	3,58%
Sep-17	3,72%
Agustus 2017	3,82%
Juli 2017	3,88%
Juni 2017	4,37%
Mei 2017	4,33%
Apr-17	4,17%
Maret 2017	3,61%
Februari 2017	3,83%
Januari 2017	3,49%
Desember 2016	3,02%
Nopember 2016	3,58%
Oktober 2016	3,31%
Sep-16	3,07%
Agustus 2016	2,79%

Bulan	Tingkat Inflasi
Juli 2016	3,21%
Juni 2016	3,45%
Mei 2016	3,33%
Apr-16	3,60%
Maret 2016	4,45%
Februari 2016	4,42%
Januari 2016	4,14%
Desember 2015	3,35%
Nopember 2015	4,89%
Oktober 2015	6,25%
Sep-15	6,83%
Agustus 2015	7,18%
Juli 2015	7,26%
Juni 2015	7,26%
Mei 2015	7,15%
Apr-15	6,79%
Maret 2015	6,38%
Februari 2015	6,29%
Januari 2015	6,96%
Desember 2014	8,36%
Nopember 2014	6,23%
Oktober 2014	4,83%
Sep-14	4,53%
Agustus 2014	3,99%
Juli 2014	4,53%
Juni 2014	6,70%
Mei 2014	7,32%
Apr-14	7,25%
Maret 2014	7,32%
Februari 2014	7,75%
Januari 2014	8,22%

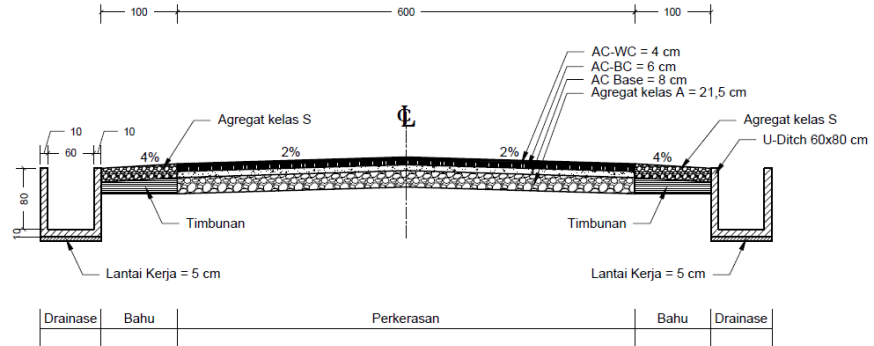
Sumber : <http://www.bi.go.id/en/moneter/inflasi/data/Default.aspx> , diakses Februari 2020

Lampiran 7. Data Tingkat BI-Rate 7 Day 3 Tahun Terakhir

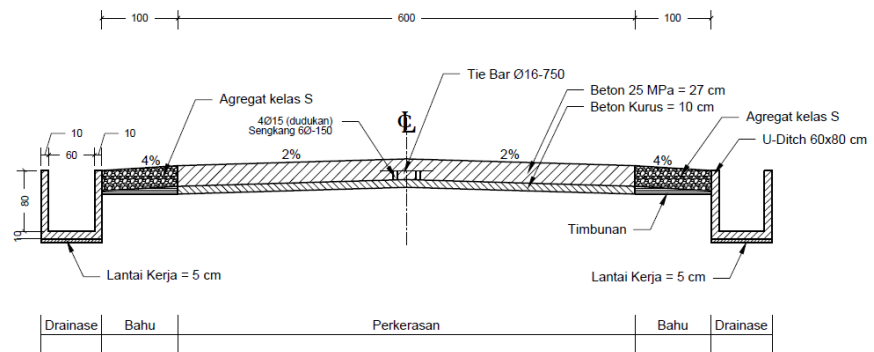
Tanggal	BI-Rate 7 Day
19 Desember 2019	5,00%
21 Nopember 2019	5,00%
24 Oktober 2019	5,00%
19-Sep-19	5,25%
22 Agustus 2019	5,50%
18 Juli 2019	5,75%
20 Juni 2019	6,00%
16 Mei 2019	6,00%
25-Apr-19	6,00%
21 Maret 2019	6,00%
21 Februari 2019	6,00%
17 Januari 2019	6,00%
20 Desember 2018	6,00%
15 Nopember 2018	6,00%
23 Oktober 2018	5,75%
27-Sep-18	5,75%
15 Agustus 2018	5,50%
19 Juli 2018	5,25%
29 Juni 2018	5,25%
30 Mei 2018	4,75%
17 Mei 2018	4,50%
19-Apr-18	4,25%
22 Maret 2018	4,25%
15 Februari 2018	4,25%
18 Januari 2018	4,25%
14 Desember 2017	4,25%
16 Nopember 2017	4,25%
19 Oktober 2017	4,25%
22-Sep-17	4,25%
22 Agustus 2017	4,50%
20 Juli 2017	4,75%
15 Juni 2017	4,75%
18 Mei 2017	4,75%
20-Apr-17	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 Februari 2020

Lampiran 8. Gambar Potongan Melintang Perkerasan



Potongan Melintang Perkerasan Lentur
 Skala 1:100



Potongan Melintang Perkerasan Kaku
 Skala 1:100

Lampiran 9. Analisis Harga Satuan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

1. Divisi 1 Umum

a. AHS Pekerjaan Mobilisasi

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Perkerasan Lentur (Rp)	Jumlah Harga Perkerasan Kaku (Rp)
A.	Sewa Tanah				00	00
B.	Peralatan				Rp9.000.000,00	Rp4.550.000,00
C.	Mobilisasi Fasilitas Kontraktor	LS	1		Rp10.000.000,00	Rp10.000.000,00
D.	Mobilisasi Fasilitas Laboratorium	Set	1		Rp6.750.000,00	Rp4.250.000,00
E.	Mobilisasi Lainnya				Rp2.000.000,00	Rp2.000.000,00
F.	Demobilisasi				Rp3.700.000,00	Rp2.365.000,00
TOTAL BIAYA MOBILISASI					Rp31.450.000,00	Rp23.165.000,00

b. AHS Pekerjaan Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	DATA DAN ASUMSI				
1.	Panjang Lokasi Pekerjaan	KM	1,10		
2.	Total Masa Pelaksanaan Kegiatan	Bulan	6,00		
3.	Masa Mobilisasi	Bulan	1,00		
4.	Periode Pekerjaan Perkerasan Jalan	Bulan	6,00		
5.	Panjang zona kerja Perkerasan Jalan	M	1.100,00		
B.	PERALATAN KESELAMATAN LALU LINTAS				
1.	Rambu portabel informasi pengalihan/pengaturan lalu lintas	Buah	2,00	Rp100.000,00	Rp200.000,00
2.	Rambu penghalang lalu-lintas jenis plastik	Buah	5,00	Rp100.000,00	Rp500.000,00
3.	Rambu Peringatan/petunjuk	Buah	2,00	Rp150.000,00	Rp300.000,00
4.	Peralatan komunikasi dan Lainnya	Set	1,00	Rp1.500.000,00	Rp1.500.000,00
5.	Papan nama proyek	Ls	1,00	Rp275.000,00	Rp275.000,00
C.	TENAGA / PERSONIL				
1.	Pekerja (Flagman)	OB	12,00	Rp750.000,00	Rp9.000.000,00
2.	Koordinator / Pengatur	OB	6,00	Rp1.000.000,00	Rp6.000.000,00
D.	TOTAL BIAYA MANAJEMEN DAN KESELAMATAN LALU LINTAS				Rp17.775.000,00

2. Divisi 2 Drainase

a. AHS Pekerjaan Saluran berbentuk U (0.60 x 0.80 m precast)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. Tenaga					
1.	Pekerja	Jam	1,7553	Rp10.125,00	Rp17.772,35
2.	Tukang	Jam	0,8000	Rp11.553,57	Rp9.242,86
3.	Mandor	Jam	0,4000	Rp12.267,86	Rp4.907,14
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp31.922,35
B. Bahan					
1.	Uditch uk. 60 x 80	M	1,0000	Rp887.500,00	Rp887.500,00
2.	Urugan Porus	M3	0,3200	Rp160.733,12	Rp51.434,60
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp938.934,60
C. Peralatan					
1.	Tamper	Jam	0,8241	Rp43.482,91	Rp35.834,11
2.	Flat Bed Truck	Jam	0,0429	Rp539.078,46	Rp23.150,46
3.	Alat Bantu	Jam	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp59.984,57
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp1.030.841,52
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp103.084,15
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp1.133.925,67

b. AHS Pekerjaan Lantai kerja Beton mutu rendah fc'10 Mpa

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. Tenaga					
1.	Pekerja	jam	1,3655	Rp10.125,00	Rp13.825,30
2.	Tukang	jam	1,3655	Rp11.553,57	Rp15.775,96
3.	Mandor	jam	0,6827	Rp12.267,86	Rp8.375,65
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp37.976,91
B. Bahan					
1.	Semen	Kg	311,0600	Rp1.020,00	Rp317.281,20
2.	Pasir beton	M3	0,5113	Rp320.000,00	Rp163.606,15
3.	Agregat Kasar	M3	0,9053	Rp205.862,45	Rp186.356,98
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp667.244,34
C. Peralatan					
1.	Conc. Mixer	jam	0,6827	Rp40.728,37	Rp27.806,52
2.	Water Tanker	jam	0,0382	Rp138.713,18	Rp5.292,27
3.	Alat Bantu	Ls	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp34.098,79
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp739.320,03
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp110.898,00
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp850.218,04

3. Divisi 3 Pekerjaan Tanah

a. AHS Pekerjaan Galian Biasa

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,0511	Rp10.125,00	Rp517,39
2.	Mandor	Jam	0,0256	Rp12.267,86	Rp313,45
JUMLAH HARGA TENAGA					830,8387158
B.	Bahan				
JUMLAH HARGA BAHAN					0
C.	Peralatan				
1.	Excavator	Jam	0,0256	Rp366.179,51	Rp9.355,97
2.	Dump Truck	Jam	0,3344	Rp120.639,54	Rp40.336,84
3.	Alat Bantu	Ls	1	Rp2.500,00	Rp2.500,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp52.192,81
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp53.023,65
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp7.953,55
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp60.977,19

b. AHS Pekerjaan Timbunan Pilihan dari galian

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	2,1310	Rp10.125,00	Rp21.576,85
2.	Mandor	Jam	0,5328	Rp12.267,86	Rp6.535,85
JUMLAH HARGA TENAGA					28112,69885
B.	Bahan				
JUMLAH HARGA BAHAN					0
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	Jam	0,0085	Rp240.640,90	Rp2.046,56
2.	Dump Truck	Jam	0,5328	Rp120.639,54	Rp64.272,14
3.	Motor Grader	Jam	0,0040	Rp242.253,40	Rp961,32
4.	Tandem Roller	Jam	0,0161	Rp137.959,31	Rp2.221,77
5.	Water Tanker	Jam	0,0070	Rp138.713,18	Rp974,89
6.	Alat Bantu	Ls	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp71.476,68
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp99.589,38
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp14.938,41
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp114.527,78

4. Divisi 4 Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan

a. AHS Pekerjaan Lapis Agregat Kelas S

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	jam	0,0595	Rp10.125,00	Rp602,10
2.	Mandor	jam	0,0085	Rp12.267,86	Rp104,22
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp706,32
B.	Bahan				
1.	Aggregat S	M3	1,2586	Rp246.555,26	Rp310.316,74
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp310.316,74
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	jam	0,0085	Rp240.640,90	Rp2.044,30
2.	Dump Truck	jam	0,0994	Rp120.639,54	Rp11.986,26
3.	Motor Grader	jam	0,0043	Rp242.253,40	Rp1.031,87
4.	Tandem Roller	jam	0,0054	Rp137.959,31	Rp738,74
5.	Water Tanker	jam	0,0141	Rp138.713,18	Rp1.949,78
6.	Alat Bantu	Ls	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp18.750,95
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp329.774,00
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp49.466,10
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp379.240,10

5. Divisi 5 Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen

a. AHS Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas A

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	jam	0,0595	Rp10.125,00	Rp602,10
2.	Mandor	jam	0,0085	Rp12.267,86	Rp104,22
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp706,32
B.	Bahan				
1.	Aggrgat A	M3	1,2586	Rp238.055,02	Rp299.618,25
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp299.618,25
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	jam	0,0085	Rp240.640,90	Rp2.044,30
2.	Dump Truck	jam	0,0994	Rp120.639,54	Rp11.986,26
3.	Motor Grader	jam	0,0043	Rp242.253,40	Rp1.031,87
4.	Tandem Roller	jam	0,0054	Rp137.959,31	Rp738,74
5.	Water Tanker	jam	0,0141	Rp138.713,18	Rp1.949,78
6.	Alat Bantu	Ls	1	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp18.750,95
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp319.075,52
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp47.861,33
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp366.936,84

b. AHS Pekerjaan Penulangan tie bar dan ruji

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	jam	0,1200	Rp10.125,00	Rp1.215,00
2.	Tukang	jam	0,0400	Rp11.553,57	Rp462,14
3.	Mandor	jam	0,0400	Rp12.267,86	Rp490,71
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp2.167,86
B.	Bahan				
1.	Baja Tulangan	Kg	1,1000	Rp19.000,00	Rp20.900,00
2.	Kawat Beton	Kg	0,0025	Rp25.000,00	Rp62,50
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp20.962,50
C.	Peralatan				
1.	Alat Bantu	Ls	1	Rp2.500,00	Rp2.500,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp2.500,00
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp25.630,36
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp3.844,55
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp29.474,91

c. AHS Pekerjaan Perkerasan Beton Semen f_c '30 Mpa

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	jam	1,4056	Rp10.125,00	Rp14.231,93
2.	Tukang	jam	0,7028	Rp11.553,57	Rp8.119,98
3.	Mandor	jam	0,1506	Rp12.267,86	Rp1.847,57
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp24.199,48
B.	Bahan				
1.	Semen	Kg	467,4000	Rp1.020,00	Rp476.748,00
2.	Pasir	M3	0,6237	Rp320.000,00	Rp199.575,38
3.	Agregat Kasar	M3	0,7885	Rp205.862,45	Rp162.326,22
4.	Kayu Acuan	M3	0,2880	Rp1.250.000,00	Rp360.000,00
5.	Joint Sealent	Kg	0,9900	Rp38.000,00	Rp37.620,00
6.	Cat Anti Karat	Kg	0,0200	Rp46.000,00	Rp920,00
7.	Expansion Cap	M2	0,1700	Rp14.000,00	Rp2.380,00
8.	Polytene 125 mikron	Kg	0,3281	Rp22.000,00	Rp7.218,75
9.	Curing Compound	Ltr	0,6525	Rp65.000,00	Rp42.412,50
10.	Formwork Plate	M2	0,5700	Rp750.000,00	Rp427.500,00
11.	Paku	Kg	0,3500	Rp26.000,00	Rp9.100,00
12.	Additive	Ltr	0,8568	Rp108.000,00	Rp92.534,40
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp1.818.335,25
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	jam	0,0244	Rp240.640,90	Rp5.874,37
2.	Batching Plant	jam	0,0502	Rp1.592.152,78	Rp79.927,35
3.	Truck Mixer	jam	0,0905	Rp378.548,61	Rp34.252,87
4.	Con. Vibrator	jam	0,0502	Rp44.668,63	Rp2.242,40
5.	Water Tank Truck	jam	0,0422	Rp138.713,18	Rp5.849,35
6.	Conc. Paver	jam	0,0074	Rp39.440,77	Rp293,33
7.	Alat Bantu	Ls	1	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp129.439,67
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp1.971.974,40
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp295.796,16
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp2.267.770,56

d. AHS Pekerjaan Lapis Pondasi bawah Beton Kurus

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	jam	1,5060	Rp10.125,00	Rp15.248,49
2.	Tukang	jam	0,4016	Rp11.553,57	Rp4.639,99
3.	Mandor	jam	0,1004	Rp12.267,86	Rp1.231,71
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp21.120,20
B.	Bahan				
1.	Semen	Kg	309,5500	Rp1.020,00	Rp315.741,00
2.	Pasir	M3	0,4991	Rp320.000,00	Rp159.710,77
3.	Agregat Kasar	M3	0,8837	Rp205.862,45	Rp181.919,91
4.	Multiplex 12 mm	Lbr	0,1600	Rp254.000,00	Rp40.640,00
5.	Kayu Acuan	M3	0,0960	Rp1.250.000,00	Rp120.000,00
6.	Paku	Kg	0,2500	Rp26.000,00	Rp6.500,00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp824.511,68
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	jam	0,0244	Rp240.640,90	Rp5.874,37
2.	Batching Plant	jam	0,0502	Rp1.592.152,78	Rp79.927,35
3.	Truck Mixer	jam	0,0905	Rp378.548,61	Rp34.252,87
4.	Con. Vibrator	jam	0,0502	Rp44.668,63	Rp2.242,40
5.	Water Tank Truck	jam	0,0422	Rp138.713,18	Rp5.849,35
6.	Conc. Paver	jam	0,0037	Rp39.440,77	Rp146,66
7.	Alat Bantu	Ls	1	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp129.293,00
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp974.924,88
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp146.238,73
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp1.121.163,61

6. Divisi 6 Perkerasan Aspal

a. AHS Pekerjaan Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,0021	Rp10.125,00	Rp21,09
2.	Mandor	Jam	0,0004	Rp12.267,86	Rp5,11
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp26,21
B.	Bahan				
1.	Aspal	Kg	0,6790	Rp17.000,00	Rp11.542,59
2.	Kerosene	liter	0,3708	Rp11.220,00	Rp4.160,38
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp15.702,97
C.	Peralatan				
1.	Asphalt Sprayer	Jam	0,0002	Rp67.838,86	Rp14,13
2.	Compressor	Jam	0,0002	Rp88.116,86	Rp18,36
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp32,49
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp15.761,66
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp2.364,25
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp18.125,91

b. AHS Pekerjaan Lapis Perekat - Aspal Cair

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,0021	Rp10.125,00	Rp21,09
2.	Mandor	Jam	0,0004	Rp12.267,86	Rp5,11
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp26,21
B.	Bahan				
1.	Aspal	Kg	0,8487	Rp17.000,00	Rp14.428,24
2.	Kerosene	liter	0,2060	Rp11.220,00	Rp2.311,32
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp16.739,56
C.	Peralatan				
1.	Asphalt Sprayer	Jam	0,0002	Rp67.838,86	Rp14,13
2.	Compressor	Jam	0,0002	Rp88.116,86	Rp18,36
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp32,49
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp16.798,26
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp2.519,74
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp19.317,99

c. AHS Pekerjaan Laston Lapis Aus (AC-WC)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,2008	Rp10.125,00	Rp2.033,13
2.	Mandor	Jam	0,0201	Rp12.267,86	Rp246,34
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp2.279,48
B.	Bahan				
1.	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	0,2978	Rp121.882,30	Rp36.302,04
2.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	0,3539	Rp156.205,74	Rp55.284,89
3.	Semen	Kg	10,5000	Rp1.020,00	Rp10.710,00
4.	Aspal	Kg	59,7400	Rp17.000,00	Rp1.015.580,00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp1.117.876,93
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	Jam	0,0096	Rp240.640,90	Rp2.303,27
2.	AMP	Jam	0,0201	Rp4.785.421,02	Rp96.092,79
3.	Generator set	Jam	0,0201	Rp274.087,79	Rp5.503,77
4.	Dump Truck	Jam	0,1481	Rp120.639,54	Rp17.870,71
5.	Asp. Finisher	Jam	0,0137	Rp186.024,30	Rp2.555,71
6.	Tandem Roller	Jam	0,0135	Rp137.959,31	Rp1.865,75
7.	P. Tyre Roller	Jam	0,0058	Rp155.965,90	Rp904,98
8.	Alat Bantu	Ls	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp128.096,99
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp1.248.253,39
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp187.238,01
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp1.435.491,40

d. AHS Pekerjaan Laston Lapis Antara (AC-BC)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,2008	Rp10.125,00	Rp2.033,13
2.	Mandor	Jam	0,0201	Rp12.267,86	Rp246,34
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp2.279,48
B.	Bahan				
1.	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	0,3481	Rp121.882,30	Rp42.431,90
2.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	0,3127	Rp156.205,74	Rp48.839,17
3.	Semen	Kg	10,5000	Rp1.020,00	Rp10.710,00
4.	Aspal	Kg	55,6200	Rp17.000,00	Rp945.540,00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp1.047.521,06
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	Jam	0,0096	Rp240.640,90	Rp2.303,27
2.	AMP	Jam	0,0201	Rp4.785.421,02	Rp96.092,79
3.	Generator set	Jam	0,0201	Rp274.087,79	Rp5.503,77
4.	Dump Truck	Jam	0,1481	Rp120.639,54	Rp17.870,71
5.	Asp. Finisher	Jam	0,0110	Rp186.024,30	Rp2.044,57
6.	Tandem Roller	Jam	0,0108	Rp137.959,31	Rp1.492,60
7.	P. Tyre Roller	Jam	0,0046	Rp155.965,90	Rp723,99
8.	Alat Bantu	Ls	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp127.031,70
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp1.176.832,23
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp176.524,83
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp1.353.357,07

e. AHS Pekerjaan Laston Lapis Pondasi (AC-Base)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,2008	Rp10.125,00	Rp2.033,13
2.	Mandor	Jam	0,0201	Rp12.267,86	Rp246,34
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp2.279,48
B.	Bahan				
1.	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	0,1316	Rp121.882,30	Rp16.042,11
2.	Lolos screen2 ukuran (5 - 9,5)	M3	0,2981	Rp137.137,16	Rp40.886,19
3.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	0,2416	Rp156.205,74	Rp37.744,58
4.	Semen	Kg	9,9750	Rp1.020,00	Rp10.174,50
5.	Aspal	Kg	49,4400	Rp17.000,00	Rp840.480,00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp945.327,38
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	Jam	0,0096	Rp240.640,90	Rp2.303,27
2.	AMP	Jam	0,0201	Rp4.785.421,02	Rp96.092,79
3.	Generator set	Jam	0,0201	Rp274.087,79	Rp5.503,77
4.	Dump Truck	Jam	0,1481	Rp120.639,54	Rp17.870,71
5.	Asp. Finisher	Jam	0,0092	Rp186.024,30	Rp1.703,81
6.	Tandem Roller	Jam	0,0090	Rp137.959,31	Rp1.243,83
7.	P. Tyre Roller	Jam	0,0052	Rp155.965,90	Rp804,43
8.	Alat Bantu	Ls	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp126.522,61
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp1.074.129,47
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp161.119,42
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp1.235.248,89

7. Divisi 8 Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor

a. Marka Jalan Termoplastik

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. Tenaga					
1.	Pekerja Biasa	jam	0,6000	Rp10.125,00	Rp6.075,00
2.	Tukang	jam	0,2250	Rp11.553,57	Rp2.599,55
3.	Mandor	jam	0,0750	Rp12.267,86	Rp920,09
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp9.594,64
B. Bahan					
1.	Cat Marka Thermoplastic	Kg	1,9500	Rp78.000,00	Rp152.100,00
2.	Minyak Pencair (Thinner)	Liter	1,0500	Rp37.000,00	Rp38.850,00
3.	Glass Bead	Kg	0,4500	Rp39.000,00	Rp17.550,00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp208.500,00
C. Peralatan					
1.	Compressor	Jam	0,0750	Rp88.116,86	Rp6.608,76
2.	Dump Truck	Jam	0,0750	Rp120.639,54	Rp9.047,97
3.	Alat Bantu	Ls	1	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp16.656,73
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp234.751,37
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp35.212,71
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp269.964,08

Lampiran 10. Perhitungan Volume Pekerjaan Perkerasan Lentur

DIVISI 1. UMUM

1.1 Mobilisasi

Mobilisasi = 1 LS

1.2 Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas

Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas = 1 LS

DIVISI 2. DRAINASE

2.1 Saluran berbentuk U (0.60 x 0.80 m precast)

Saluran Kanan = 1100 m

Saluran Kiri = 1100 m

Pekerjaan = 2200 m

2.2 Lantai kerja Beton mutu rendah f_c '10 Mpa

Saluran Kanan = $0,05 \times 0,8 \times 1100 = 44 \text{ m}^3$

Saluran Kiri = $0,05 \times 0,8 \times 1100 = 44 \text{ m}^3$

Total pekerjaan = 88 m^3

DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH

3.1 Galian Biasa

Kiri =

$$0+000 - 0+100 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+100 - 0+200 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+200 - 0+300 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+300 - 0+400 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+400 - 0+500 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+500 - 0+600 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+600 - 0+700 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+700 - 0+800 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+800 - 0+900 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+900 - 1+000 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$1+000 - 1+100 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

Kanan =

$$0+000 - 0+100 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+100 - 0+200 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+200 - 0+300 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+300 - 0+400 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+400 - 0+500 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+500 - 0+600 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+600 - 0+700 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+700 - 0+800 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+800 - 0+900 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+900 - 1+000 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$1+000 - 1+100 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

Total Pekerjaan = 1.672 m³

3.2 Timbunan Pilihan dari galian

Kiri =

$$0+000 - 0+100 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+100 - 0+200 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+200 - 0+300 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+300 - 0+400 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+400 - 0+500 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+500 - 0+600 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+600 - 0+700 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+700 - 0+800 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+800 - 0+900 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+900 - 1+000 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$1+000 - 1+100 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

Kanan =

$$0+000 - 0+100 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+100 - 0+200 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+200 - 0+300 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+300 - 0+400 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+400 - 0+500 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$0+500 - 0+600 = (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 = 18,51 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
0+600 - 0+700 &= (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 &= 18,51 \text{ m}^3 \\
0+700 - 0+800 &= (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 &= 18,51 \text{ m}^3 \\
0+800 - 0+900 &= (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 &= 18,51 \text{ m}^3 \\
0+900 - 1+000 &= (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 &= 18,51 \text{ m}^3 \\
1+000 - 1+100 &= (0,1851 + 0,1851) / 2 \times 100 &= 18,51 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Total Pekerjaan = 407,22 m³

DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN

4.1 Lapis Agregat Kelas S

$$0+000 - 1+100 = 0,3606 \times 1100 = 396,66 \text{ m}^3$$

DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN

5.1 Lapis Pondasi Agregat Kelas A

$$0+000 - 1+100 = 1,2906 \times 1100 = 1.419,66 \text{ m}^3$$

DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL

6.1 Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair (kebutuhan 0,5 ltr/m²)

$$0+000 - 1+100 = 1100 \times 6 \times 0,5 = 3.300 \text{ liter}$$

6.2 Lapis Perekat - Aspal Cair (kebutuhan 0,15 ltr/m²)

$$\text{AC-base} \rightarrow \text{AC-BC} =$$

$$0+000 - 1+100 = 1100 \times 6 \times 0,15 = 990 \text{ liter}$$

$$\text{AC-BC} \rightarrow \text{AC-WC} =$$

$$0+000 - 1+100 = 1100 \times 6 \times 0,15 = 990 \text{ liter}$$

Total Pekerjaan = 1980 liter

6.3 Laston Lapis Aus (AC-WC) (berat jenis aspal 2,3 t/m³)

$$0+000 - 1+100 = 0,2401 \times 1100 \times 2,3 = 607,45 \text{ Ton}$$

6.4 Laston Lapis Antara (AC-BC) (berat jenis aspal 2,3 t/m³)

$$0+000 - 1+100 = 0,3602 \times 1100 \times 2,3 = 911,31 \text{ Ton}$$

6.5 Laston Lapis Pondasi (AC-Base) (berat jenis aspal 2,3 t/m³)

$$0+000 - 1+100 = 0,4802 \times 1100 \times 2,3 = 1.214,91 \text{ Ton}$$

DIVISI 7. STRUKTUR

DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR

7.1 Marka Jalan Termoplastik

Tepi kanan dan kiri =

$$0+000 - 1+100 = 1100 \times 0,12 \times 2 = 264 \text{ m}^2$$

Tengah =

$$0+000 - 1+100 = 3 \times 0,12 \times 138 = 49,68 \text{ m}^2$$

Total Pekerjaan = 313,68 m²

7.2 Patok Kilometer

Patok kilometer = 4 buah

7.3 Patok Hektometer

Patok hektometer = 16 buah



Lampiran 11. Perhitungan Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku

DIVISI 1. UMUM

1.1 Mobilisasi

Mobilisasi = 1 LS

1.2 Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas

Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas = 1 LS

DIVISI 2. DRAINASE

2.1 Saluran berbentuk U Tipe DS 1 60x80

Saluran Kanan = 1100 m

Saluran Kiri = 1100 m

Pekerjaan = 2200 m

2.2 Lantai kerja Beton mutu rendah f_c '10 Mpa

Saluran Kanan = $0,05 \times 0,8 \times 1100 = 44 \text{ m}^3$

Saluran Kiri = $0,05 \times 0,8 \times 1100 = 44 \text{ m}^3$

Total pekerjaan = 88 m^3

DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH

3.1 Galian Biasa

Kiri =

$$0+000 - 0+100 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+100 - 0+200 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+200 - 0+300 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+300 - 0+400 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+400 - 0+500 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+500 - 0+600 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+600 - 0+700 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+700 - 0+800 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+800 - 0+900 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+900 - 1+000 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$1+000 - 1+100 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

Kanan =

$$0+000 - 0+100 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+100 - 0+200 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+200 - 0+300 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+300 - 0+400 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+400 - 0+500 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+500 - 0+600 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+600 - 0+700 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+700 - 0+800 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+800 - 0+900 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$0+900 - 1+000 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

$$1+000 - 1+100 = (0,76 + 0,76) / 2 \times 100 = 76 \text{ m}^3$$

Total Pekerjaan = 1.672 m³

3.2 Timbunan Pilihan dari galian

Kiri =

$$0+000 - 0+100 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+100 - 0+200 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+200 - 0+300 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+300 - 0+400 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+400 - 0+500 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+500 - 0+600 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+600 - 0+700 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+700 - 0+800 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+800 - 0+900 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+900 - 1+000 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$1+000 - 1+100 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

Kanan =

$$0+000 - 0+100 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+100 - 0+200 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+200 - 0+300 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+300 - 0+400 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+400 - 0+500 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$0+500 - 0+600 = (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 = 6,97 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
0+600 - 0+700 &= (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 &= 6,97 \text{ m}^3 \\
0+700 - 0+800 &= (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 &= 6,97 \text{ m}^3 \\
0+800 - 0+900 &= (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 &= 6,97 \text{ m}^3 \\
0+900 - 1+000 &= (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 &= 6,97 \text{ m}^3 \\
1+000 - 1+100 &= (0,0697 + 0,0697) / 2 \times 100 &= 6,97 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\text{Total Pekerjaan} = 153,34 \text{ m}^3$$

DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN

4.1 Lapis Agregat Kelas S

$$0+000 - 1+100 = 0,5410 \times 1100 = 595,10 \text{ m}^3$$

DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN

5.1 Perkerasan Beton Semen $f_c'30$ Mpa

$$0+000 - 1+100 = 1,6212 \times 1100 = 1.783,32 \text{ m}^3$$

5.2 Lapis Pondasi bawah Beton Kurus

$$0+000 - 1+100 = 0,6003 \times 1100 = 660,33 \text{ m}^3$$

5.3 Tulangan tie bar

$$= \text{Panjang besi} \times \text{berat jenis besi} \times (\text{jumlah besi})$$

$$\text{Tie bar (16 mm)} = 0,7 \times 1,58 \times (1468 \times 1) = 1.621,80 \text{ kg}$$

Dudukan

$$\text{Tulangan 12mm} = 1100 \times 0,89 \times (4 \times 2) = 7.812,29 \text{ kg}$$

$$\text{Sengkang 6P-15} = 0,47 \times 0,22 \times (7.334 \times 2) = 1.530,05 \text{ kg}$$

$$\text{Total Pekerjaan} = 10.964,13 \text{ kg}$$

5.4 Tulangan ruji

$$= \text{Panjang besi} \times \text{berat jenis besi} \times (\text{jumlah besi})$$

$$\text{Tulangan Ruji (32 mm)} = 0,45 \times 6,71 \times (21 \times 221) = 14.021,19 \text{ kg}$$

Dudukan

$$\text{Tulangan 12mm} = 6 \times 0,89 \times (4 \times 442) = 9.417,36 \text{ kg}$$

$$\text{Sengkang 6P-15} = 0,47 \times 0,22 \times (40 \times 442) = 1.844,23 \text{ kg}$$

$$\text{Total Pekerjaan} = 25.282,79 \text{ kg}$$

DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL

DIVISI 7. STRUKTUR

DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR

7.1 Marka Jalan Termoplastik

Tepi kanan dan kiri =

$$0+000 - 1+100 = 1100 \times 0,12 \times 2 = 264 \text{ m}^2$$

Tengah =

$$0+000 - 1+100 = 3 \times 0,12 \times 138 = 49,68 \text{ m}^2$$

Total Pekerjaan = 313,68 m²

7.2 Patok Kilometer

Patok kilometer = 4 buah

7.3 Patok Hektometer

Patok hektometer = 16 buah



**Lampiran 12. Analisis Harga Satuan Pekerjaan Perawatan Jalan Perkerasan
Lentur dan Perkerasan Kaku**

1. AHS Pekerjaan Pembersihan Bahu Jalan (Perkerasan Lentur dan Kaku)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	1,7553	Rp10.125,00	Rp1.977,34
2.	Mandor	Jam	0,4000	Rp12.267,86	Rp159,72
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp2.137,06
B.	Bahan				
1.	Agregat S	M3	0,0500	Rp246.555,26	Rp12.327,76
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp12.327,76
C.	Peralatan				
1.	Dump Truck	Jam	0,0294	Rp120.639,54	Rp3.551,11
2.	Pedestrian Roller	Jam	0,0079	Rp61.460,45	Rp485,57
3.	Water Tanker	Jam	0,0021	Rp138.713,18	Rp292,47
4.	Alat Bantu	LS	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp5.329,15
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp19.793,97
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp2.969,09
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp22.763,06

2. AHS Pekerjaan Pembersihan Drainase (Perkerasan Lentur dan Kaku)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	6,6400	Rp10.125,00	Rp67.230,00
2.	Mandor	Jam	0,6640	Rp12.267,86	Rp8.145,86
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp75.375,86
B.	Bahan				
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp0,00
C.	Peralatan				
1.	Dump Truck (10 Ton)	Jam	0,2740	Rp120.639,54	Rp33.055,23
2.	Alat Bantu	LS	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp59.984,57
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp109.431,09
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp16.414,66
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp125.845,76

3. AHS Pekerjaan Marka Jalan Termoplastik (Perkerasan Lentur dan Kaku)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja Biasa	jam	0,6000	Rp10.125,00	Rp6.075,00
2.	Tukang	jam	0,2250	Rp11.553,57	Rp2.599,55
3.	Mandor	jam	0,0750	Rp12.267,86	Rp920,09
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp9.594,64
B.	Bahan				
1.	Cat Marka Thermoplastic	Kg	1,9500	Rp78.000,00	Rp152.100,00
2.	Minyak Pencair (Thinner)	Liter	1,0500	Rp37.000,00	Rp38.850,00
3.	Glass Bead	Kg	0,4500	Rp39.000,00	Rp17.550,00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp208.500,00
C.	Peralatan				
1.	Compressor	Jam	0,0750	Rp88.116,86	Rp6.608,76
2.	Dump Truck	Jam	0,0750	Rp120.639,54	Rp9.047,97
3.	Alat Bantu	Ls	1	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp16.656,73
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp234.751,37
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp35.212,71
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp269.964,08

4. AHS Pekerjaan Galian Aspal Manual (Perkerasan Lentur)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	1,3333	Rp10.125,00	Rp13.499,66
2.	Mandor	Jam	0,3333	Rp12.267,86	Rp4.088,88
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp17.588,54
B.	Bahan				
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp0,00
C.	Peralatan				
1.	Aphalt cutter	Jam	0,2000	Rp56.250,00	Rp11.250,00
2.	Jack Hammer	Jam	1,0040	Rp31.250,00	Rp31.375,50
3.	Dump Truck	Jam	0,5205	Rp120.639,54	Rp62.791,71
4.	Alat Bantu	LS	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp106.417,21
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp124.005,75
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp18.600,86
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp142.606,61

5. AHS Pekerjaan Galian Aspal dengan Cold Milling (Perkerasan Lentur)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,4444	Rp10.125,00	Rp4.500,00
2.	Mandor	Jam	0,2222	Rp12.267,86	Rp2.726,19
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp7.226,19
B.	Bahan				
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp0,00
C.	Peralatan				
1.	Cold Milling	Jam	0,1111	Rp1.222.600,00	Rp135.844,44
2.	Dump Truck	Jam	0,5565	Rp120.639,54	Rp67.129,94
3.	Alat bantu	LS	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp203.974,39
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp211.200,58
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp31.680,09
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp242.880,66

6. AHS Pekerjaan Lapis Perekat - Aspal Cair (Perkerasan Lentur)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,0021	Rp10.125,00	Rp21,09
2.	Mandor	Jam	0,0004	Rp12.267,86	Rp5,11
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp26,21
B.	Bahan				
1.	Aspal	Kg	0,8487	Rp17.000,00	Rp14.428,24
2.	Kerosene	liter	0,2060	Rp11.220,00	Rp2.311,32
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp16.739,56
C.	Peralatan				
1.	Asphalt Sprayer	Jam	0,0002	Rp67.838,86	Rp14,13
2.	Compressor	Jam	0,0002	Rp88.116,86	Rp18,36
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp32,49
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp16.798,26
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp2.519,74
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp19.317,99

7. AHS Pekerjaan Lapis Aspal (overlay) (Perkerasan Lentur)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,2008	Rp10.125,00	Rp2.033,13
2.	Mandor	Jam	0,0201	Rp12.267,86	Rp246,34
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp2.279,48
B.	Bahan				
1.	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	0,2978	Rp121.882,30	Rp36.302,04
2.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	0,3539	Rp156.205,74	Rp55.284,89
3.	Semen	Kg	10,5000	Rp1.020,00	Rp10.710,00
4.	Aspal	Kg	59,7400	Rp17.000,00	Rp1.015.580,00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp1.117.876,93
C.	Peralatan				
1.	Wheel Loader	Jam	0,0096	Rp240.640,90	Rp2.303,27
2.	AMP	Jam	0,0201	Rp4.785.421,02	Rp96.092,79
3.	Generator set	Jam	0,0201	Rp274.087,79	Rp5.503,77
4.	Dump Truck	Jam	0,1481	Rp120.639,54	Rp17.870,71
5.	Asp. Finisher	Jam	0,0137	Rp186.024,30	Rp2.555,71
6.	Tandem Roller	Jam	0,0135	Rp137.959,31	Rp1.865,75
7.	P. Tyre Roller	Jam	0,0058	Rp155.965,90	Rp904,98
8.	Alat Bantu	Ls	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp128.096,99
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp1.248.253,39
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp187.238,01
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp1.435.491,40

8. AHS Pekerjaan Joint Sealant (Perkerasan Kaku)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga				
1.	Pekerja	Jam	0,0670	Rp10.125,00	Rp678,38
2.	Tukang	Jam	0,0850	Rp11.553,57	Rp982,05
3.	Mandor	Jam	0,0800	Rp12.267,86	Rp981,43
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp2.641,86
B.	Bahan				
1.	Joint Sealant	Kg	0,9900	Rp38.000,00	Rp37.620,00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp37.620,00
C.	Peralatan				
1.	concrete cutter	Jam	0,0500	Rp70.000,00	Rp3.500,00
2.	Compressor	Jam	0,0750	Rp88.116,86	Rp6.608,76
3.	Alat Bantu	Ls	1,0000	Rp1.000,00	Rp1.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp11.108,76
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)				Rp51.370,62
E.	Overhead & Profit 15,0 % x D				Rp7.705,59
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)				Rp59.076,22