

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAYA
PADA PENILAIAN KELAYAKAN PEMBANGUNAN
INFRASTRUKTUR JALAN**

***(IMPLEMENTATION OF BENEFIT COST ANALYSIS
METHODS ON THE FEASIBILITY ASSESSMENT OF
ROAD INFRASTRUCTURE CONSTRUCTION)***

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

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



**Andi Mufli Marzuq Muthaher
12511239**

**PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAYA
PADA PENILAIAN KELAYAKAN PEMBANGUNAN
INFRASTRUKTUR JALAN
(IMPLEMENTATION OF BENEFIT COST ANALYSIS
METHODS ON THE FEASIBILITY ASSESSMENT OF
ROAD INFRASTRUCTURE CONSTRUCTION)
(Studi Kasus Ruas Jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan
Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta)**

Disusun oleh

**Andi Mufli Marzuq Muthaher
12511239**

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

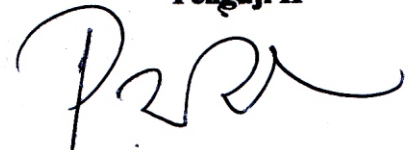
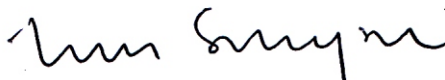
Diuji pada tanggal 7 Desember 2017

oleh Dewan Penguji :

Pembimbing

Penguji I

Penguji II



Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. NIK: 005110101 **Tuti Sumarningsih, Dr., Ir., M.T. NIK: 875110101** **Prima Juanita Romadhona, S.T., M.Sc NIK: 135111103**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



**Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110103**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, Desember 2017

Yang membuat pernyataan,



Andi Mufli Marzuq Muthaher

(12511239)

Untuk Ayah dan Ibu Yang Jercinta

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

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

Tugas akhir dengan judul “PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAYA PADA PENILAIAN KELAYAKAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR JALAN STUDI KASUS RUAS JALAN BALONG-PLOSOKEREP, DESA UMBULHARJO, KECAMATAN CANGKRINGAN, KABUPATEN SLEMAN, D.I YOGYAKARTA” ini diajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

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

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Ibu Prima Juanita Romadhona, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I Pendadaran,
4. Ibu Tuti Sumarningsih, Dr., Ir., M.T. selaku Dosen Penguji II Pendadaran

5. Bapak Faisol A.M, Ir., M.S. selaku Dosen Penguji II Sidang,
6. Staf dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
7. Kedua orang tua, kakak, serta saudara-saudara penulis yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan, baik moral maupun material dalam penyusunan tugas akhir ini,
8. Teman–teman dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu kami dalam penyusunan tugas akhir ini.,

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

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Yogyakarta, Desember 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAKSI	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN PENELITIAN	3
1.5 KEASLIAN PENELITIAN	4
1.6 PLAGIAT	4
1.7 MANFAAT PENELITIAN	4

1.8 LOKASI PENELITIAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 HASIL PENELITIAN SEBELUMNYA	6
2.2 PERBEDAAN PENELITIAN	9
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 PERKERASAN JALAN	10
3.2 JENIS-JENIS PERKERASAN JALAN	10
3.2.1 Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	11
3.2.2 Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	11
3.2.3 Perkerasan Komposit (<i>Composite Pavement</i>)	12
3.3 PERBANDINGAN PERKERASAN LENTUR DAN KAKU	13
3.4 PERENCANAAN PERKERASAN KAKU	15
3.4.1 Tanah Dasar dan Pondasi Bawah	16
3.4.2 Beton Semen	18
3.4.3 Lalu Lintas	19
3.4.4 Bahu	22
3.4.5 Sambungan	23
3.4.6 Prosedur Desain Tebal Perkerasan	24
3.5 EKONOMI TEKNIK	28
3.6 ANALISA MANFAAT BIAYA	30
3.7 MANFAAT (<i>BENEFIT</i>)	31
3.7.1 Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap	31

3.8 BIAYA (<i>COST</i>)	42
3.8.1 Biaya Langsung (<i>Initial Cost</i>)	42
3.8.2 Biaya Siklus Hidup (<i>Life-Cycle Cost</i>)	43
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 JENIS PENELITIAN	44
4.2 CARA MENGUMPULKAN DATA	44
4.2.1 Subjek dan Objek Penelitian	45
4.2.2 Sumber dan Data Penelitian	45
4.3 CARA OLAH DATA	45
4.4 BAGAN ALIR PENELITIAN	47
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
5.1 DATA PENELITIAN	48
5.2 ANALISIS TEBAL PERKERASAN KAKU	49
5.2.1 Pemilihan Jenis Perkerasan Kaku	49
5.2.2 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga	50
5.2.3 Perhitungan Repetisi Sumbu Yang Terjadi	54
5.2.4 Penentuan Jenis dan Tebal Pondasi	55
5.2.5 Penentuan CBR Tanah Dasar Efektif	56
5.2.6 Penentuan Tebal Taksiran Perkerasan Kaku	56
5.2.7 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton	57
5.2.8 Perhitungan Beban Rencana Per Roda	58
5.2.9 Analisis Kerusakan Akibat Fatik Pada Pelat Beton	59

5.2.10 Analisis Kerusakan Akibat Erosi Pada Pondasi Bawah	61
5.2.11 Perhitungan Kebutuhan Batang Pengikat dan Ruji	64
5.3 ANALISIS BIAYA	66
5.3.1 Biaya Langsung (<i>Initial Cost</i>)	66
5.3.2 Biaya Siklus Hidup (<i>Life-Cycle Cost</i>)	74
5.4 ANALISIS MANFAAT	81
5.4.1 Perhitungan BOK <i>Without Project</i>	81
5.4.2 Perhitungan BOK <i>With Project</i>	90
5.4.3 Biaya Penghematan BOK Tidak Tetap	94
5.5 ANALISIS MANFAAT-BIAYA	97
5.6 PEMBAHASAN	97
5.6.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku	97
5.6.2 Biaya Langsung dan Siklus Hidup Perkerasan	98
5.6.3 Manfaat dari Penghematan Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap	99
5.6.4 Kelayakan Ekonomi Berdasarkan Rasio B/C	100
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	
6.1 SIMPULAN	102
6.2 SARAN	103
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Kondisi Ruas Jalur Evakuasi di Dusun Karangkendal-Plosokerep	2
Gambar 1.2 Ruas Jalur Evakuasi di Dusun Karangkendal-Plosokerep	5
Gambar 3.1 Lapisan Perkerasan Lentur	11
Gambar 3.2 Lapisan Perkerasan Kaku	12
Gambar 3.3 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah	17
Gambar 3.4 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan kaku	18
Gambar 3.5 Grafik hubungan Kelompok sumbu kendaraan niaga dengan tebal perkerasan serta CBR tanah dasar efektif	25
Gambar 3.6 Grafik korelasi nilai RCI dan IRI	37
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian	47
Gambar 5.1 Tampak atas perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan	50
Gambar 5.2 Penentuan jenis dan tebal pondasi bawah minimum yang digunakan	55
Gambar 5.3 Penentuan CBR tanah dasasr efektif yang digunakan	56
Gambar 5.4 Penentuan tebal taksiran yang digunakan	57
Gambar 5.5 Contoh penentuan repetisi beban ijin akibat fatik jenis sumbu STRT	60
Gambar 5.6 Contoh penentuan repetisi beban ijin akibat erosi jenis sumbu STRT	62
Gambar 5.7 Penentuan Nilai IRI berdasarkan nilai RCI	86

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian ini	8
Tabel 3.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku	14
Tabel 3.2 Perkiraan Lalu Lintas untuk jalan dengan lalu lintas rendah	19
Tabel 3.3 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana	20
Tabel 3.4 Umur Rencana perkerasan jalan baru	21
Tabel 3.5 Faktor keamanan beban (F_{KB})	22
Tabel 3.6 Diameter, panjang dan jarak ruji sesuai tebal perkerasan	24
Tabel 3.7 Beban sumbu kendaraan	27
Tabel 3.8 Prosedur Desain Tebal Perkerasan	28
Tabel 3.9 Alinemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai medan jalan	33
Tabel 3.10 Berat kendaraan total yang direkomendasikan sesuai jenis kendaraan	33
Tabel 3.11 Nilai konstanta dan koefisien-koefisien parameter model konsumsi bahan bakar sesuai jenis kendaraan	35
Tabel 3.12 Nilai tipikal JPO_i , KPO_i , dan OHO_i	36
Tabel 3.13 Nilai RCI permukaan jalan	37
Tabel 3.14 Koefisien parameter biaya suku cadang sesuai jenis kendaraan	38
Tabel 3.15 Nilai a_0 dan a_1 sesuai jenis kendaraan	39
Tabel 3.16 Nilai TT sesuai kondisi medan.	40

Tabel 3.17 Nilai derajat tikungan	40
Tabel 3.18 Nilai konstanta dan koefisien parameter konsumsi ban	41
Tabel 5.1 Data lalu lintas harian rata-rata tahunan ruas Suruh-Singlar	49
Tabel 5.2 Distribusi kelompok kendaraan niaga	51
Tabel 5.3 Umur rencana perkerasan yang digunakan	52
Tabel 5.4 Laju pertumbuhan lalu lintas yang digunakan	52
Tabel 5.5 Perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas	53
Tabel 5.6 Koefisien distribusi kendaraan yang digunakan	53
Tabel 5.7 Perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga	53
Tabel 5.8 Perhitungan jumlah repetisi sumbu yang terjadi	54
Tabel 5.9 Perhitungan kuat tarik lentur beton	58
Tabel 5.10 Perhitungan Beban rencana per roda yang digunakan	58
Tabel 5.11 Nilai tegangan ekivalen yang digunakan	59
Tabel 5.12 Perhitungan faktor rasio tegangan sesuai jenis sumbu	59
Tabel 5.13 Repetisi beban ijin untuk fatik yang digunakan	61
Tabel 5.14 Perhitungan persen total kerusakan akibat fatik sesuai jenis sumbu	61
Tabel 5.15 Faktor erosi yang digunakan	62
Tabel 5.16 Repetisi beban ijin untuk erosi yang digunakan	63
Tabel 5.17 Perhitungan persen total kerusakan akibat erosi sesuai jenis sumbu	63
Tabel 5.18 Rekapitulasi hasil analisis fatik dan erosi	64
Tabel 5.19 Perhitungan panjang batang pengikat pada sambungan memanjang	65
Tabel 5.20 Diameter, panjang dan jarak antar ruji yang digunakan	65

Tabel 5.21 Spesifikasi teknis ruas jalan standar, eksisting, dan rencana	67
Tabel 5.22 Komponen tenaga, bahan dan alat pada pekerjaan jalan beton	69
Tabel 5.23 Koefisien bahan, upah dan alat pada pekerjaan jalan beton	70
Tabel 5.24 AHSP pekerjaan jalan beton	72
Tabel 5.25 Total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan	71
Tabel 5.26 Rekapitulasi jumlah harga pekerjaan	74
Tabel 5.27 Strategi perawatan perkerasan kaku PennDOT	75
Tabel 5.28 Strateegi perawatan perkerasan yang direncanakan	76
Tabel 5.29 Rekapitulasi biaya perawatan selama umur rencana	77
Tabel 5.30 Biaya konstruksi dan biaya perawatan selama umur rencana	79
Tabel 5.31 Daftar item dan harga unit-unik BOK	81
Tabel 5.32 Perhitungan percepatan rata-rata	82
Tabel 5.33 Perhitungan simpangan baku percepatan	83
Tabel 5.34 Nilai tanjakan rata-rata dan turunan rata-rata yang digunakan	83
Tabel 5.35 Berat kendaraan total yang digunakan	83
Tabel 5.36 Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (B_i BBM $_j$) perkerasan eksisting	84
Tabel 5.37 Rekapitulasi biaya konsumsi oli (BO_i) perkerasan eksisting	85
Tabel 5.38 Nilai RCI permukaan jalan yang digunakan	85
Tabel 5.39 Perhitungan nilai P_i .	86
Tabel 5.40 Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BP_i) perkerasan eksisting.	87
Tabel 5.41 Perhitungan nilai JP_i	87

Tabel 5.42 Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) perkerasan eksisting	88
Tabel 5.43 Nilai TT_R dan DT_R yang digunakan	88
Tabel 5.44 Perhitungan KB_i	89
Tabel 5.45 Rekapitulasi biaya konsumsi ban (BB_i) perkerasan eksisting	89
Tabel 5.46 Rekapitulasi BTT <i>Without Project</i>	90
Tabel 5.47 Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (B_iBBM_j) perkerasan baru	91
Tabel 5.48 Rekapitulasi biaya konsumsi oli (BO_i) perkerasan baru	91
Tabel 5.49 Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BP_i) perkerasan baru	92
Tabel 5.50 Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) perkerasan baru	92
Tabel 5.51 Rekapitulasi biaya konsumsi ban (BB_i) perkerasan baru	93
Tabel 5.52 Rekapitulasi BTT <i>With Project</i>	93
Tabel 5.53 Perbandingan BOK <i>Without Project</i> dan <i>With Project</i> per km	94
Tabel 5.54 Total penghematan BOK tidak tetap selama umur rencana	95

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman	
Lampiran 1	Gambar Potongan Melintang Perkerasan	107
Lampiran 2	Data Nilai Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi	108
Lampiran 3	Nomogram analisa fatik dan beban repetisi ijin tanpa bahu beton	109
Lampiran 4	Nomogram analisa erosi dan beban repetisi ijin	110
Lampiran 5	Data tingkat inflasi 5 tahun terakhir	111
Lampiran 6	Data tingkat BI Rate 7 Day 2 tahun terakhir	113
Lampiran 7	Data harga satuan upah tahun 2016 dan 2018	114
Lampiran 8	Data harga satuan bahan tahun 2016 dan 2018	115
Lampiran 9	Data harga satuan alat tahun 2016 dan 2018	119
Lampiran 10	Perhitungan analisa harga satuan pekerjaan divisi 1	120
Lampiran 11	Perhitungan analisa harga satuan pekerjaan divisi 2	122
Lampiran 12	Perhitungan analisa harga satuan pekerjaan divisi 3	125
Lampiran 13	Perhitungan analisa harga satuan pekerjaan divisi 4	126
Lampiran 14	Perhitungan analisa harga satuan pekerjaan divisi 5	127
Lampiran 15	Perhitungan analisa harga satuan pekerjaan divisi 7	131
Lampiran 16	Perhitungan analisa harga satuan pekerjaan divisi 8	133
Lampiran 17	Perhitungan volume pekerjaan divisi 1-8	134

ABSTRAKSI

Infrastruktur berperan penting sebagai suatu sistem yang dirancang dan dilaksanakan sedemikian rupa guna pelayanan kebutuhan dasar publik. Salah satu dari infrastruktur yang berperan penting tersebut adalah dalam bidang transportasi yakni jalan umum. Ruas jalan Balong-Plosokerep merupakan satu dari sekian ruas jalan kabupaten di Kabupaten Sleman yang masuk dalam kondisi rusak atau rusak berat. Oleh karena itu dibutuhkan suatu penelitian guna mengetahui desain tebal perkerasan jalan yang dibutuhkan, biaya konstruksi pekerjaan, biaya siklus hidup perkerasan selama umur rencana, manfaat yang dihasilkan serta kelayakan ekonomi ruas jalan tersebut sebelum dibangun kembali.

Penelitian ini menggunakan pedoman Pd T-14-2003 Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah dalam menentukan desain tebal perkerasan. Sedangkan untuk menghitung biaya konstruksi pekerjaan digunakan pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bina Marga tahun 2016. Perhitungan biaya siklus hidup mengacu pada strategi perawatan perkerasan yang dikeluarkan oleh Pennsylvania Department of Transportation. Perhitungan manfaat dalam hal ini penghematan biaya operasi kendaraan mengacu pada pedoman Pd T-15-2005-B Departemen Pekerjaan Umum. Terakhir, untuk mengetahui kelayakan ekonomi ruas jalan tersebut digunakan metode Analisa Manfaat-Biaya sebagai pendekatan dalam menilai kelayakan suatu proyek yang ditujukan untuk kepentingan umum. Data yang dibutuhkan untuk merancang tebal perkerasan jalan adalah data lalu lintas yang diasumsikan sama seperti ruas jalan Suruh-Singlar. Sedangkan untuk menghitung biaya konstruksi pekerjaan digunakan data harga satuan upah, bahan dan alat pada tahun 2016 serta data tingkat inflasi 5 tahun terakhir guna menaksir harga satuan pada tahun konstruksi direncanakan yakni 2018. Dalam menghitung biaya siklus hidup digunakan data suku bunga acuan BI-Rate 2 tahun terakhir guna menaksir biaya perawatan tahun ke-0 atau tahun awal umur rencana dari tahun perawatan ke-n. Guna menghitung biaya operasi kendaraan digunakan data harga satuan komponen unit-unit biaya operasi kendaraan seperti harga bahan bakar, oli, kendaraan, ban dan lain-lain berdasarkan survei harga pasaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tebal perkerasan kaku yang dibutuhkan adalah setebal 200 mm dengan lapis pondasi Cement Treated Subbase setebal 100 mm. Biaya konstruksi yang dibutuhkan untuk membangun perkerasan kaku tersebut adalah sebesar Rp5.509.936.260 siklus hidup perkerasan selama umur rencana adalah sebesar Rp5.839.669.932. Manfaat yang diperoleh dari segi penghematan biaya operasi kendaraan biaya tidak tetap adalah sebesar Rp3,761,807,648. Berdasarkan metode analisa manfaat-biaya maka nilai rasio B/C yang diperoleh adalah 0,644. Artinya ruas jalan yang di desain dengan perkerasan kaku tersebut tidak memenuhi indikator kelayakan ekonomi rasio B/C yakni diatas 1,0.

Kata kunci : Analisa manfaat biaya, biaya siklus hidup, perkerasan kaku

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Infrastruktur berperan penting sebagai suatu sistem yang dirancang dan dilaksanakan sedemikian rupa guna pelayanan kebutuhan dasar publik. Bentuk fisik daripada infrastruktur tersebut terwujud dalam fasilitas-fasilitas, instalasi-instalasi, peralatan-peralatan, yang dibutuhkan untuk berfungsinya sistem sosial dan ekonomi masyarakat.

Salah satu dari infratraktur yang berperan penting tersebut adalah dalam hal ini bidang transportasi. Jalan umum merupakan infrastruktur utama dalam bidang transportasi yang berfungsi sebagai pendukung mobilitas atau perpindahan masyarakat dari suatu tempat ke tempat lainnya untuk kegiatan sosial, ekonomi dan lainnya.

Provinsi D.I Yogyakarta dalam *Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka 2017* memiliki infrastruktur jalan dengan total panjang jalan kabupaten/kota sepanjang 2.660,95 km. Dari total panjang jalan tersebut 1.886,87 km dalam kondisi baik, 530,98 km dalam kondisi sedang, 374,3 km dalam kondisi rusak serta 136,89 km dalam kondisi rusak berat.

Dari data total panjang jalan umum D.I Yogyakarta tersebut Kabupaten Sleman berada di tingkat pertama dengan jumlah total panjang jalan sepanjang 699,50 km. Dari total panjang jalan tersebut 366,28 km berada dalam kondisi baik, 245,44 km dalam kondisi sedang, 66,82 dalam kondisi rusak serta 20,96 km dalam kondisi rusak berat.

Ruas jalan Balong-Plosokerep merupakan satu dari sekian ruas jalan Kabupaten dengan nomor ruas 191 di Kabupaten Sleman yang masuk dalam kondisi rusak atau rusak berat. Ruas Balong-Plosokerep ini terletak di Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan. Selain difungsikan sebagai jalan umum ruas jalan ini juga difungsikan sebagai jalur evakuasi bencana gunung api Gunung Merapi di desa tersebut.

Ruas ini memiliki panjang 1,1 km dan lebar eksisting 4 meter dengan lapis permukaan aspal penetrasi macadam. Pengamatan visual di lapangan menunjukkan bahwa lapis permukaan perkerasan jalan tersebut telah hilang sedangkan butir-butir batuan lapis pondasi atas sudah tercerai-berai. Hal itu mengakibatkan jalan tersebut kurang nyaman untuk dilalui untuk kegiatan sehari-hari masyarakat.

Kerusakan ruas jalan tersebut menurut pejabat pemerintah desa setempat ditengarai akibat aktivitas angkut-muat tambang pasir dengan menggunakan truk yang meningkat pasca erupsi Gunung Merapi tahun 2010. Maka dari itu pemilihan perkerasan kaku dalam penelitian ini salah satunya dilatarbelakangi oleh pengalaman ketidakberhasilan perkerasan sebelumnya untuk mendukung kinerja ruas jalan tersebut. Selain itu dengan digunakannya perkerasan kaku diharapkan umur rencana ruas jalan tersebut lebih lama serta mempunyai ketahanan yang kuat sehingga mampu mendukung kinerja evakuasi bencana jika sewaktu-waktu terjadi bencana erupsi Gunung Merapi.



Gambar 1.1 Kondisi Ruas Jalur Evakuasi di Dusun Balong-Plosokerep

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

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

Penelitian yang dilakukan mengambil judul: **“Penerapan Metode Analisa Manfaat-Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta)”**.

1.2 RUMUSAN MASALAH

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

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

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

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

1.4 BATASAN PENELITIAN

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

1. Lokasi penelitian terdapat di Dusun Balong dan Dusun Plosokerep, Desa Umbulharjo.
2. Jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan ruji
3. Analisa tebal perkerasan kaku menggunakan pedoman Pd T-14-2003
4. Data lalu lintas diasumsikan sama seperti ruas jalan Suruh-Singlar

5. Biaya yang dianalisa adalah biaya konstruksi serta biaya siklus hidup.
6. Manfaat yang dianalisa ditinjau dari aspek penghematan biaya operasi kendaraan biaya tidak tetap.

1.5 KEASLIAN PENELITIAN

Laporan penelitian tugas akhir ini adalah murni karya penulis. Adapun hasil penelitian terdahulu “Analisa Manfaat Biaya Pembangunan Jalan Arteri Raya Siring-Porong” (Sagita, 2011), “Studi Kelayakan Jalan Arteri Lingkar Luar Barat Surabaya” (Wulandari & Kartika, 2013), “Evaluasi Kebutuhan, Manfaat dan Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Alternatif di Kota Idi Aceh Timur” (Zubir, 2015), dan “Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan” (Khuzairah, 2017) mempunyai lokasi dan waktu penelitian yang berbeda.

1.6 PLAGIAT

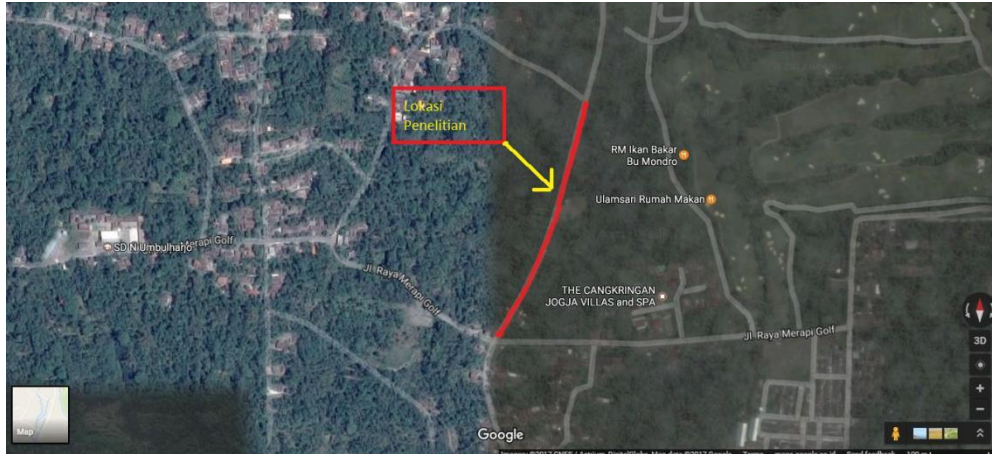
Laporan tugas akhir ini bukan plagiat hasil karya penulis orang lain. Adapun bentuk penyalinan berupa kalimat, parafrase dan penggunaan pemikiran penulis lain ditulis telah disebutkan sumbernya seperti tercantum dalam daftar pustaka.

1.7 MANFAAT PENELITIAN

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi referensi bagi studi kelayakan proyek pembangunan infrastruktur, dalam hal ini, ruas jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta. Penelitian ini juga diharapkan dapat mengestimasi kelayakan proyek dari segi ekonomi sehingga dapat memberikan pertimbangan bagi aparat Desa Umbulharjo maupun Kabupaten Sleman untuk mengambil keputusan.

1.8 LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada ruas jalur evakuasi yang ada di Dusun Balong-Plosokerep. Ruas jalur evakuasi yang rusak parah ini diketahui sepanjang 1,1 kilometer. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1.1** berikut ini.



Gambar 1.2 Ruas Jalur Evakuasi di Dusun Balong-Plosokerep
(Sumber: Googlemaps, diakses 2017)

Batasan lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

Utara : Perbatasan Pertigaan di Dusun Balong (Jika terus ke Utara menuju objek wisata di Dusun Petung, Desa Glagaharjo)

Selatan: Jalan Merapi Golf (Jika terus ke selatan menuju ke arah Dusun Plosokerep)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 HASIL PENELITIAN SEBELUMNYA

Hasil penelitian sebelumnya digunakan sebagai tinjauan pustaka pada penelitian ini. Hasil penelitian yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Sagita (2011) dalam Tugas Akhir berjudul “Analisa Manfaat Biaya Pembangunan Jalan Arteri Raya Siring-Porong” menyimpulkan bahwa dari hasil pengolahan data manfaat (*benefit*) yang diterima dengan adanya Jalan Arteri Raya-Siring Porong adalah penghematan biaya operasional (BOK) yang dapat dirasakan langsung oleh pihak pengguna jalan sebesar Rp. 161.951.780.158,71,-. Sedangkan biaya pengurangan manfaat (*disbenefit*) yang diterima adalah hilangnya produksi panen dari hasil sawah milik warga sebesar Rp. 464.520.420,- dan hilangnya pemukiman di daerah sekitar jalan arteri lama sebesar Rp. 245.299.691.520,-. Biaya total pembangunan yang dikeluarkan pada pelaksanaan proyek sebesar Rp. 170.378.738.000,- sedangkan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp. 38.863.409.364,69,-. Dengan metode *Benefit Cost Ratio* (BCR) pun didapatkan rasio perbandingan B/C sebesar 2,73 sehingga pelaksanaan proyek dikatakan layak. Hasil analisa sensitivitas dengan pengurangan variabel jumlah LHR sebesar 50% juga diperoleh BCR sebesar 2,20 dan dengan adanya kenaikan tingkat suku bunga menjadi 12% diperoleh nilai BCR sebesar 2,40. Hal ini menunjukkan bahwa proyek tersebut cukup aman terhadap perubahan variabel jumlah LHR dan tingkat suku bunga.

2. Wulandari & Kartika (2013) dalam penelitian berjudul “Studi Kelayakan Jalan Arteri Lingkar Luar Barat Surabaya” menyimpulkan bahwa dari hasil analisa ekonomi didapat nilai BCR sebesar 2,05 dan NPV Rp. 1.284.451.857.082,-. Selain itu, didapat nilai IRR sebesar 12,826% dari hasil trial dan error dengan nilai BCR=0. Dari hasil tersebut pembangunan jalan lingkar luar barat Surabaya layak untuk dibangun.

3. Zubir (2015) dalam Tesis berjudul “Evaluasi Kebutuhan, Manfaat dan Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Alternatif di Kota Idi Aceh Timur” menyimpulkan bahwa untuk evaluasi kebutuhan berdasarkan prediksi arus lalu lintas yaitu tingkat pertumbuhan kendaraan mencapai 10,60% per tahun, maka derajat kejenuhan pada tahun 2015=0,35, tahun 2023=0,78. Berdasarkan evaluasi manfaat berupa penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) sebesar Rp.321/kend/km untuk mobil penumpang, bus sebesar Rp. 2.017/kend/km dan truk sebesar Rp. 1.925/kend/km. Penghematan nilai waktu Rp. 6.040/kend untuk kendaraan mobil penumpang. Rp. 39.43 /kend untuk kendaraan bus, Rp. 4.303 /kend untuk kendaraan truk. Berdasarkan evaluasi kelayakan ekonomi pembangunan jalan alternatif Kota Idi pada tahun ke-30 atau tahun ke-20 sejak jalan dibuka sudah memenuhi standar kelayakan ekonomi untuk semua *discount rate*. Pada *discount rate* 10% nilai BCR 1,70 nilai NPV Rp. 57.757.097.788, pada *discount rate* 12% nilai BCR 1,36 nilai NPV Rp. 25.981.187.968 dan pada *discount rate* 15% nilai BCR 1,00 nilai NPV Rp. 82.613.985. Selanjutnya untuk nilai EIRR yang diperoleh pada penelitian ini pada *discount rate* 15.01%.
4. Khuzairah (2017) dalam Tesis berjudul “Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan” menyimpulkan prediksi arus lalu lintas dengan tingkat pertumbuhan rata-rata adalah 1,49% per tahun. Manfaat yang diperoleh dari segi consumer surplus terhadap jalan baru berupa penghematan BOK, mobil penumpang sebesar Rp. 870/kend/km, kendaraan bus Rp. 1.149/kend/km dan truk sebesar Rp. 2.749 /kend/km. Penghematan nilai waktu yang diperoleh pada jalan baru, kendaraan mobil penumpang Rp. 11.011 /kend, kendaraan bus Rp. 73.439 /kend, kendaraan truk Rp. 7.344 /kend. Analisis kelayakan ekonomi pada tahun ke 25 sejak jalan dibuka memenuhi standar kelayakan ekonomi untuk *discount rate* 10% nilai BCR 1,93 nilai NPV Rp. 75.172.122.823,- *discount rate* 12% nilai BCR 1,51 nilai NPV Rp. 39.298.870.060,- dan *discount rate* 15% nilai BCR 1,09 nilai NPV Rp. 6.540.471.105 dan nilai EIRR diperoleh pada *discount rate*

15,89%, ini menunjukkan bahwa pembangunan jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan layak untuk dilaksanakan.

Perbandingan dari ketiga penelitian terdahulu dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian ini.

Peneliti	Judul	Lokasi	Metode
Sagita (2011)	Analisa Manfaat Biaya Pembangunan Jalan Arteri Raya Siring- Porong	Sidoarjo, Jawa Timur	<i>Benefit Cost Ratio,</i> analisa sensitivitas
Wulandari dan Kartika (2013)	Studi Kelayakan Jalan Arteri Lingkar Luar Barat Surabaya	Surabaya, Jawa Timur	<i>Benefit Cost Ratio,</i> <i>Net Present Value,</i> <i>Internal Rate of</i> <i>Return</i>
Zubir (2015)	Evaluasi Kebutuhan, Manfaat dan Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Alternatif di Kota Idi Aceh Timur	Kota Idi, Aceh Timur	<i>Benefit Cost Ratio,</i> <i>Net Present Value,</i> <i>Internal Rate of</i> <i>Return</i>
Khuzaifah (2017)	Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan	Kota Tapaktuan- Bakongan, Aceh Selatan	<i>Benefit Cost Ratio,</i> <i>Net Present Value,</i> <i>Internal Rate of</i> <i>Return</i>
Penelitian yang dilakukan (2017)	Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan	Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta	<i>Benefit Cost Ratio</i>

2.2 PERBEDAAN PENELITIAN

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian yang berbeda. Lokasi penelitian ini dilakukan di salah satu ruas Jalur Evakuasi Bencana Gn. Merapi di desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, DIY. Sedangkan penelitian terdahulu dilakukan di lokasi Jalan Arteri Siring-Porong, Sidoarjo, Jawa Timur; Jalan Arteri Lingkar Luar Barat Surabaya, Jawa Timur; Jalan Alternatif di Kota Idi Aceh Timur, Aceh; dan Jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan, Aceh Selatan, Aceh.
2. Tebal perkerasan jalan di desain atau dihitung kembali. Sedangkan desain perkerasan penelitian terdahulu sudah diperoleh terlebih dahulu.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 PERKERASAN JALAN

Pedoman Konstruksi Bangunan Desain Perkerasan Jalan Lentur No.002/P/BM/2011 yang diterbitkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum mendefinisikan perkerasan jalan sebagai struktur jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang terletak di atas tanah dasar.

Tanah dasar tersebut umumnya masih bersifat alami dan tidak mampu mendukung beban berulang dari kendaraan, sehingga pada kecenderungannya akan mengalami deformasi atau perubahan yang besar. Maka dari itu untuk dapat melindungi tanah dari beban kendaraan beroda dan juga memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan perlu diberi suatu struktur atau lapisan perkerasan.

Struktur perkerasan tersebut, pada umumnya, menurut Hadiwiyono (2013) terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut:

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

Dari penjelasan terkait perkerasan jalan tersebut maka perlu dijelaskan lebih lanjut lagi terkait jenis-jenis perkerasan jalan.

3.2 JENIS-JENIS PERKERASAN JALAN

Menurut Hardiyatmo (2007) dan Hadiwiyono (2013) pada umumnya perkerasan jalan dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu:

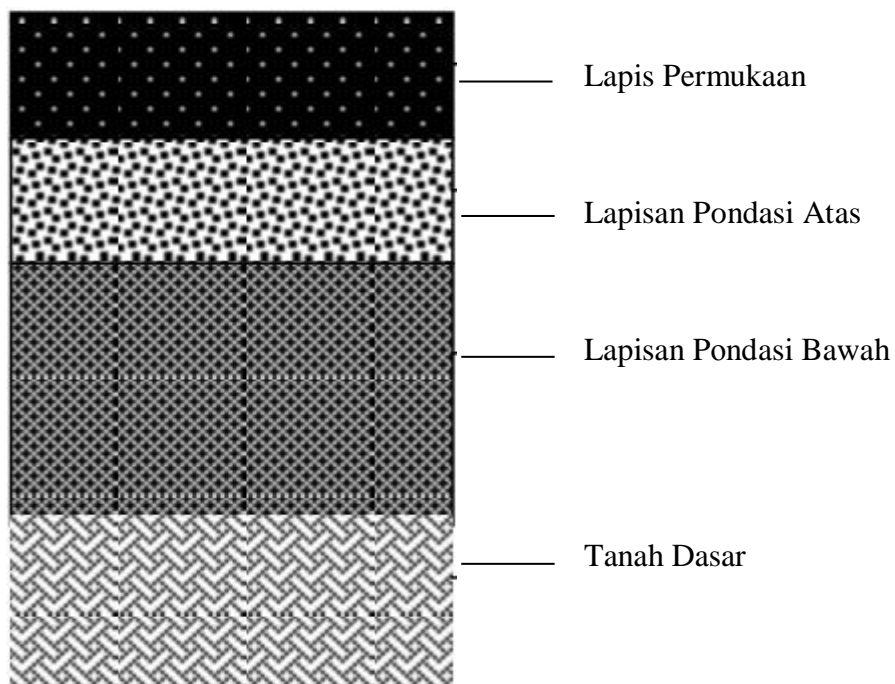
1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)
3. Perkerasan komposit (kombinasi dari dua perkerasan)

Selanjutnya akan dijelaskan pengertian dari ke tiga jenis perkerasan tersebut.

3.2.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Menurut Pedoman Konstruksi Bangunan Desain Perkerasan Jalan Lentur No.002/P/BM/2011 perkerasan lentur adalah struktur perkerasan jalan yang dapat dibuat dengan menggunakan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan bahan pengikat aspal.

Konstruksi perkerasan lentur menurut Asiyanto (2010) terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah/atas (*subbase/base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Lapis-lapis perkerasan lentur tersebut menurut Sukirman (1992) bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Contoh penampang lapisan perkerasan lentur akan ditampilkan dalam **Gambar 3.1** berikut ini.



Gambar 3.1 Lapisan Perkerasan Lentur (Sumber:Kartadipura, 2011)

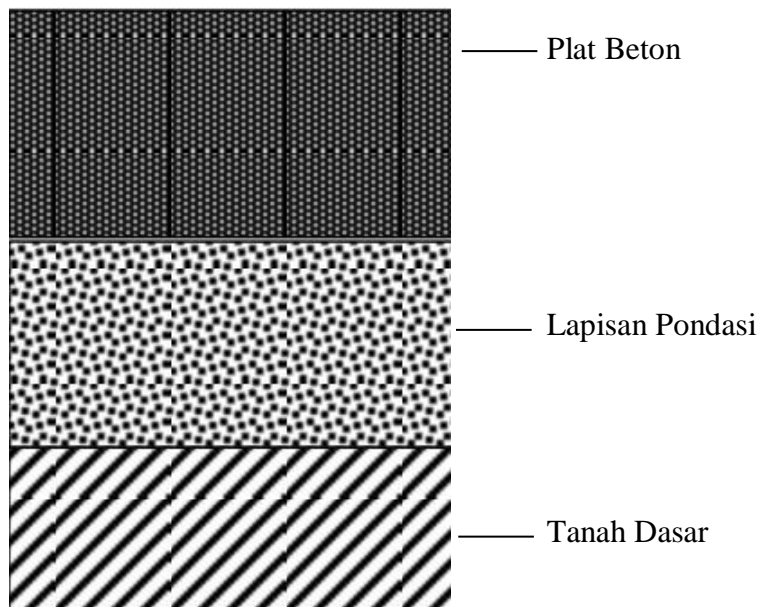
3.2.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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/cm², 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 Tahun 2003 konstruksi perkerasan kaku tersebut umumnya terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan lapis beton semen dengan atau tanpa tulangan.

Contoh penampang lapisan perkerasan kaku akan ditampilkan dalam **Gambar 3.2** berikut ini.



Gambar 3.2 Lapisan Perkerasan Kaku (Sumber:Kartadipura, 2011)

3.2.3 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

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.

Dari pemaparan jenis-jenis perkerasan tersebut maka perlu dijelaskan lebih lanjut terkait perbedaan antar jenis perkerasan sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan lapis perkerasan pada penelitian yang akan dilakukan. Perbandingan

yang akan dijelaskan dalam hal ini adalah perkerasan lentur dengan perkerasan kaku saja.

3.3 PERBANDINGAN PERKERASAN LENTUR DAN KAKU

Hadiwiyono (2013) membandingkan perkerasan lentur dan kaku dalam beberapa poin seperti yang ditampilkan dalam **Tabel 3.1** berikut ini.

Tabel 3.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku.

Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1. Perancangan sederhana dan dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu lintas dan semua jenis jalan berdasarkan klasifikasi fungsi jalan raya	1. Desain sederhana namun pada bagian sambungan perlu perhitungan lebih teliti. Kebanyakan digunakan hanya pada jalan-jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi
2. Kondisi kualitas untuk <i>job mix</i> agak rumit karena harus diteliti baik di laboratorium sebelum dihampar, maupun setelah dihampar dilapangan.	2. Rancangan <i>job mix</i> lebih mudah untuk dikendalikan kualitasnya. Elastisitas antara lapis permukaan dan pondasi sangat berbeda
3. Rongga udara dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume campuran aspal, oleh karena itu tidak diperlukan sambungan. Sulit untuk bertahan dalam kondisi drainase yang buruk	3. Rongga udara di dalam beton tidak dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume beton. Pada umumnya diperlukan sambungan untuk mengurangi tegangan akibat perubahan temperatur. Dapat bertahan untuk kondisi yang lebih buruk
4. Umur rencana relatif pendek 5-10 tahun. Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air.	4. Umur rencana dapat mencapai 15-40 tahun. Jika terjadi kerusakan, maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat akan meluas.
5. Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring berjalannya waktu dan frekuensi beban lalu-lintasnya.	5. Indeks pelayanan hampir tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika saluran melintang (<i>transversal joint</i>) dikerjakan dan dipelihara dengan baik.
6. Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah. Tetapi biaya awal hampir sama untuk jenis konstruksi jalan berkualitas tinggi dengan volume lalu-lintas tinggi.	6. Pada umumnya biaya konstruksi tinggi.
7. Pelaksanaan cukup rumit disebabkan kendali kualitas harus diperhatikan pada sejumlah parameter termasuk kendali terhadap temperatur.	7. Pelaksanaan relatif sederhana kecuali pada sambungan-sambungan.

Lanjutan Tabel 3.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku.

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

Sumber: Hadiwiyono, Metode Pelaksanaan Perkerasan Jalan, 2013

Haryanto & Utomo (2012) mengatakan dalam pertimbangan pemilihan jenis perkerasan jalan, apakah perkerasan jalan lentur ataukah perkerasan kaku, perlu melibatkan sejumlah faktor sebagai pertimbangannya, antara lain faktor teknis, pendanaan, kenyamanan dan keamanan berkendara bahkan seringkali harus mempertimbangkan aspek politis.

Menurut Haryanto & Utomo (2012) jika rencana perkerasan jalan nantinya melewati permukaan tanah dasar yang sudah keras maka secara teknis cukup digunakan struktur perkerasan lentur. Jika rencana jalan terpaksa melewati daerah yang tanah dasarnya berdaya dukung jelek, maka secara teknis jenis perkerasan kaku lebih stabil dalam mendukung beban. Namun perkerasan lentur pada umumnya memberikan kenyamanan yang lebih baik dibandingkan perkerasan beton. Dilihat dari pembiayaan, terdapat sisi *plus* dan *minus* masing-masing tipe perkerasan jalan.

Perkerasan lentur, masih menurut Haryanto & Utomo (2012), membutuhkan perawatan baik rutin atau berkala untuk mempertahankan kinerjanya agar tetap baik, sedangkan perkerasan kaku pada umumnya dianggap tidak memerlukan perawatan rutin atau berkala. Namun, biaya pembangunan konstruksi perkerasan kaku lebih tinggi dari biaya pembangunan konstruksi perkerasan lentur.

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

Berangkat dari penjelasan tersebut dan juga penelitian yang bertujuan untuk mendesain perkerasan kaku jalan maka selanjutnya perlu diterangkan terkait prosedur atau tahapan desain perkerasan kaku.

3.4 PERENCANAAN PERKERASAN KAKU

Penelitian ini menggunakan Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003 (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003) dan Manual Desain Perkerasan Jalan (Bina Marga, 2013) selanjutnya disingkat MDPJ 2013, sebagai pedoman dalam mendesain atau merancang perkerasan kaku pada ruas jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta.

Metode perencanaan kaku sendiri 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 bahu jalan
5. Jenis perkerasan
6. Jenis penyaluran beban

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

3.4.1 Tanah Dasar dan Pondasi Bawah

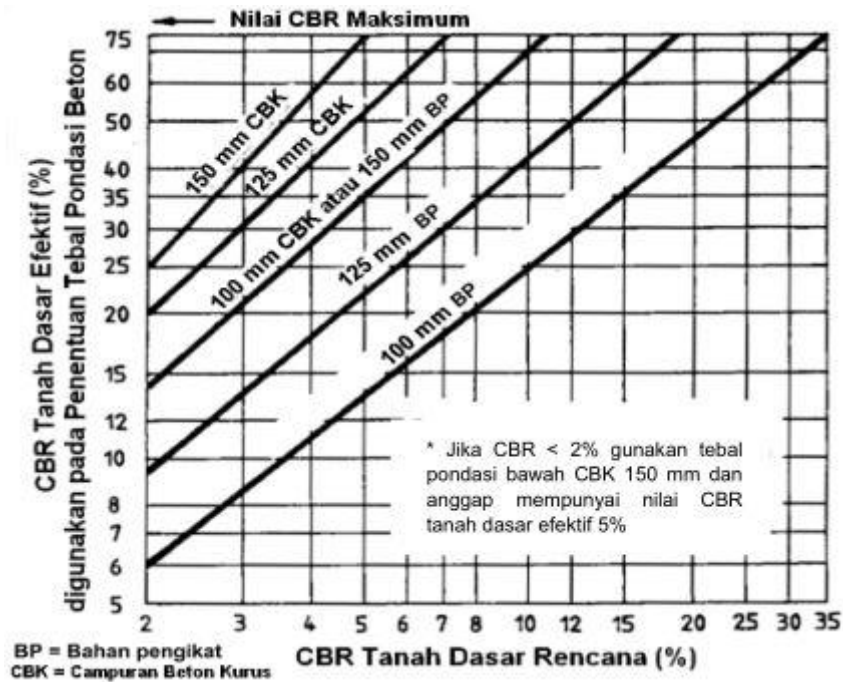
A. Tanah Dasar

Berdasarkan MDPJ 2013 yang dimaksud dengan tanah dasar adalah permukaan tanah asli atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang berhubungan langsung (kontak) dengan lapisan terbawah perkerasan, umumnya lapis pondasi bawah (*sub base*).

Lapis tanah dasar sendiri 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. Berangkat dari penjelasan tersebut Bina Marga juga menjelaskan bahwa perkerasan membutuhkan tanah dasar yang:

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

Dalam Pd T-14-2003 daya dukung tanah 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 kuru (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%. Berikut disajikan pada **Gambar 3.3** tentang grafik CBR tanah dasar efektif yang digunakan pada penentuan tebal pondasi beton.

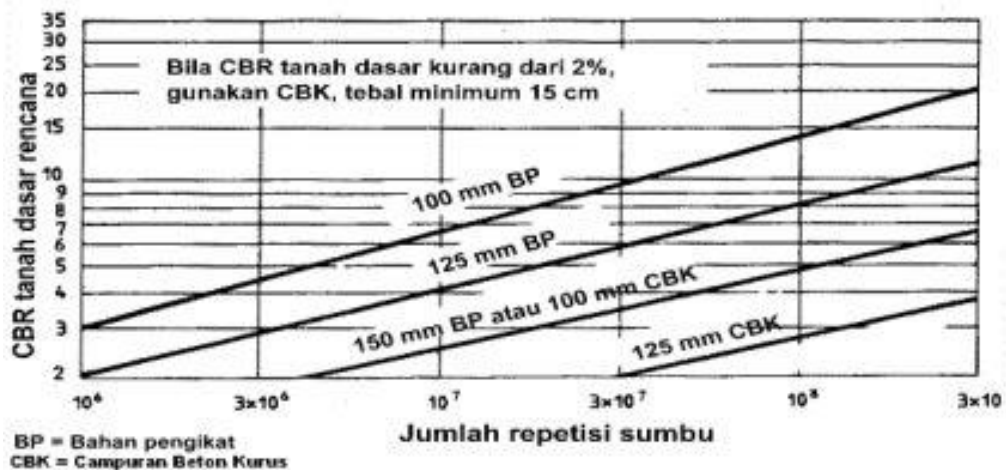


Gambar 3.3 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah (Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

B. 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 lapisan minimum tersebut setidaknya atau paling sedikit harus mempunyai mutu sesuai dengan SNI 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Tebal lapis pondasi minimum yang disarankan dapat dilihat dalam **Gambar 3.4** berikut ini.



Gambar 3.4 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan kaku (Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

Setelah tanah dasar dan pondasi bawah, berikut akan dijelaskan persyaratan teknis mengenai beton semen sesuai pedoman-pedoman yang telah disebutkan diatas.

3.4.2 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 didekati dengan Persamaan 1.

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

dengan:

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

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

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

Selanjutnya akan dijelaskan persyaratan teknis seputar beban lalu-lintas.

3.4.3 Lalu-Lintas

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

A. Analisis volume lalu-lintas

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survey faktual. Untuk keperluan desain volume lalu lintas dapat diperoleh dari:

1. Survey lalu lintas aktual, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Pelaksanaan survey mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas.
2. Hasil-hasil survey lalu lintas sebelumnya
3. Untuk jalan lalu lintas rendah dapat menggunakan nilai perkiraan pada **Tabel 3.2** berikut ini.

Tabel 3.2 Perkiraan lalu lintas untuk jalan dengan Lalu Lintas rendah.

Deskripsi Jalan	LHRT dua Arah	Kendaraan berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana	Pertumbuhan lalu lintas (%)	Faktor Pertumbuhan lalu lintas	Kelompok Sumbu/ Kendaraan berat	Kumulatif HVAG	ESA/ HVAG (overloaded)	Lalin desain indikatif (pangkat 4) overloaded
Jalan desa minor dengan akses kendaraan terbatas	30	3	20	1	22	2	14,454	3,16	4,5 x 10 ⁴
Jalan kecil 2 Arah	90	3	20	1	22	2	21,681	3,16	7 x 10 ⁴
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252,945	3,16	8 x 10 ⁴
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473,478	3,16	1,5 x 10 ⁴
Jalan Kolektor	2000	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.12 ₂	3,16	5 x 10 ⁴

Sumber: Bina Marga, Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013

Dalam penelitian ini digunakan data sekunder sebagai data lalu lintas. Data sekunder tersebut merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait yang merupakan data lalu lintas ruas jalan Suruh-Singlar di Kecamatan Cangkringan. Data lalu lintas dalam penelitian ini diasumsikan sama seperti data pada ruas jalan Suruh-Singlar tersebut.

B. Konfigurasi Sumbu Kendaraan Niaga

Pd T-14-2003 menjelaskan bahwa kendaraan niaga merupakan kendaraan yang paling sedikit mempunyai 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:

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
3. Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
4. Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

C. Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai **Tabel 3.3** berikut ini.

Tabel 3.3 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45

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

D. Umur Rencana

Umur rencana adalah suatu periode tertentu dalam tahun yang dirancang agar jalan yang direncanakan dan dipelihara dapat berfungsi selama periode

tersebut. Umumnya perkerasan kaku atau beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun seperti dijelaskan dalam **Tabel 3.4** yang menjelaskan antara hubungan jenis perkerasan, elemen perkerasan dengan umur rencana.

Tabel 3.4 Umur rencana perkerasan jalan baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Base</i>	
Perkerasan kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen	Minimum 10

Sumber: Bina Marga, *Manual Desain Perkerasan Jalan*, 2013

E. Pertumbuhan lalu-lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 3.2.

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

dengan:

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

F. Lalu Lintas Rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil

dari survai beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan Persamaan 3.3.

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

dengan :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.

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

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

C = Koefisien distribusi kendaraan

G. Faktor keamanan beban

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

Tabel 3.5 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 Pemukiman & Prasarana Wilayah, *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, 2003

3.4.4 Bahu

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. Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini 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.

3.4.5 Sambungan

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

Seperti yang diketahui jenis perkerasan kaku yang direncanakan adalah perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT) atau *Jointed Plain Concrete Pavement* (JPCP) dimana hanya ada batang pengikat (Tie Bars) yang diletakkan pada sambungan memanjang (*longitudinal joint*). Sementara itu pada sambungan melintang (*transversal joint*) diletakkan ruji atau dowel.

Pd T-14-2003 menjelaskan bahwa batang pengikat pada sambungan memanjang harus sesuai dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Pada penelitian batang pengikat digunakan ukuran minimum yakni berdiameter 16 mm. Selanjutnya untuk panjang batang pengikat akan ditentukan dengan Persamaan 3.4.

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

dengan:

I = panjang batang pengikat (mm)

Φ = diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

Sedangkan jarak antar batang pengikat menurut Pd T-14-2003 adalah 75 cm. Selanjutnya untuk Penentuan diameter, panjang dan jarak antar ruji diperoleh dari **Tabel 3.6** berikut ini.

Tabel 3.6 Diameter, panjang dan jarak ruji sesuai tebal perkerasan

Tebal Perkerasan		Ruji					
		Diameter		Panjang		Jarak	
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
6	150	0.75	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1.25	32	18	450	12	300
10	250	1.25	32	18	450	12	300
11	275	1.25	32	18	450	12	300
12	300	1.5	38	18	450	12	300
13	325	1.5	38	18	450	12	300
14	350	1.5	38	18	450	12	300

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

3.4.6 Prosedur Desain Tebal Perkerasan

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 3.3**.

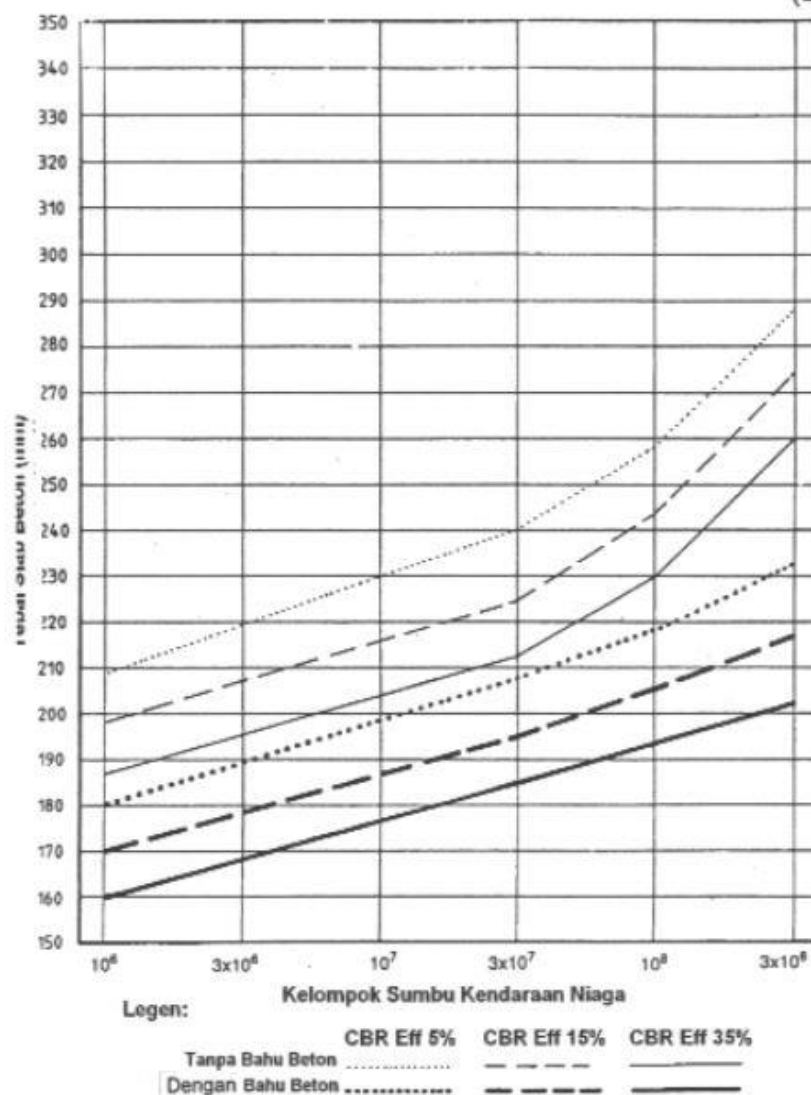
Setelah JSKN didapat maka kemudian perlu dicari jumlah repetisi sumbu yang terjadi. Jumlah repetisi sumbu yang terjadi diperoleh dari penjumlahan masing-masing repetisi sesuai konfigurasi beban dan sumbu kendaraan. Perhitungan repetisi sumbu diperoleh dari **Persamaan 3.5**.

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

Selanjutnya dicari jenis dan tebal pondasi menurut **Gambar 3.3** yang membutuhkan nilai CBR tanah dasar efektif. Langkah selanjutnya yakni menentukan CBR tanah dasar efektif yang dapat diperoleh dari **Gambar 3.4**.

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%.

Dalam hal penentuan tebal perkerasan taksiran, digunakan **Gambar 3.5** Grafik hubungan Kelompok sumbu kendaraan niaga dengan tebal perkerasan serta CBR tanah dasar efektif



Gambar 3.5 Grafik hubungan Kelompok sumbu kendaraan niaga dengan tebal perkerasan serta CBR tanah dasar efektif.

Setelah tebal taksiran diperoleh maka selanjutnya dilakukan analisa fatik dan erosi. Berdasarkan Pd-T-14-2003 untuk analisa fatik dan erosi perlu dicari terlebih dahulu tegangan ekuivalen serta faktor erosi sesuai dengan kategori sumbu kendaraannya yakni STRT, STRG dan STdRG. Nilai tegangan ekuivalen dan faktor erosi diperoleh dari Lampiran 1 dengan memasukkan nilai tebal perkerasan dan CBR tanah dasar efektif.

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

$$FRT = TE/f_{cf} \quad (3.5)$$

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 3.1. Setelah FRT masing-masing sumbu diketahui maka analisa fatik dan erosi dapat dilakukan. Analisa fatik dan erosi dalam hal ini diterjemahkan sebagai persentase kerusakan yang diperoleh dari rumus berikut ini.

$$\text{Persentase kerusakan}_i = (\text{Repetisi yang terjadi}_i \times 100) : \text{repetisi ijin}_i \quad (3.6)$$

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. Beban sumbu kendaraan sendiri menggunakan konfigurasi beban yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir Putranto & Ridwansyah (2016) berjudul “Perencanaan

Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol Karanganyar-Solo”. Berikut dalam **Tabel 3.7** ditampilkan beban sumbu yang digunakan.

Tabel 3.7 Beban sumbu kendaraan.

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)
STRT	54
STRG	81,6
STdRG	150

Sumber: Putranto & Ridwansyah, *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol Karanganyar-Solo*, 2016

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

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

Tabel 3.8 Prosedur Desain Tebal Perkerasan

Langkah	Uraian Kegiatan
1	Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
2	Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan.
3	Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (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
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 19, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12	Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.

Lanjutan Tabel 3.8 Prosedur Desain Tebal Perkerasan

13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 20 atau 21.
14	Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 19 dan Gambar 20 atau Gambar 21 yang masing-masing 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 Pemukiman & Prasarana Wilayah, *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003*

Berangkat dari penjelasan tersebut dan juga penelitian yang bertujuan untuk mendesain perkerasan jalan dan menganalisa kelayakan ekonomi maka dalam hal ini perlu dijelaskan terkait ekonomi teknik dan kelayakan ekonomi.

3.5 EKONOMI TEKNIK

Sebelum mendefinisikan ekonomi teknik atau *engineering economy* maka perlu dijelaskan secara satu persatu dari pengertian teknik (*engineering*) dan ekonomi (*economy*).

Teknik atau *engineering* dalam definisi yang dibuat Accreditation for Engineering and Technology (ABET) adalah “*the profession in which the knowledge gained in physics, chemistry, life sciences, and mathematics is applied to make products in large scale that increase the prosperity of man.*” Dari pengertian itu teknik adalah sebuah profesi (bidang pekerjaan) yang menerapkan ilmu pengetahuan seperti fisika, kimia, sains dan matematika dalam membuat produk berskala besar untuk meningkatkan kesejahteraan manusia.

Sedangkan ekonomi atau *economy* menurut Sharma (2011), “*consists of the sum total of all income from goods produced and services offered in a state or*

nation.” Dalam pengertian itu ekonomi adalah total pendapatan dari kebutuhan produksi dan layanan yang ditawarkan di suatu negara atau bangsa

Berdasarkan itu, ekonomi teknik (*engineering economy*) menurut Sharma (2011) adalah “*study of the feasibility and evaluation of the cost of possible solutions to engineering problems*”. Dalam pengertian itu ekonomi teknik adalah suatu studi kelayakan dan evaluasi kemungkinan biaya dari persoalan-persoalan teknik atau keteknikan (*engineering*).

Berkaitan dengan penelitian yang ingin mencari kelayakan ekonomi teknik dari sebuah infrastruktur, dalam hal ini ruas jalan Balong-Plosokerep di Desa Umbulharjo, Cangkringan, Sleman, maka perlu dijelaskan tentang analisa ekonomi teknik.

Analisa ekonomi teknik adalah beberapa metode yang digunakan untuk menganalisis alternatif-alternatif mana yang harus dipilih secara sistematis, seseuai dengan kondisi-kondisi tertentu. Alternatif-alternatif itu menurut Putro (2005) timbul karena adanya keterbatasan dari sumber daya (manusia, material, uang, mesin, kesempatan, dll). Analisa ekonomi teknik melibatkan pembuatan keputusan terhadap berbagai penggunaan sumber daya yang terbatas.

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

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

1. Nilai uang sekarang (*present worth*)

Menurut Putro (2005) nilai uang sekarang adalah nilai ekuivalen pada saat sekarang yakni waktu 0. Metode ini seringkali dipakai terlebih dahulu daripada metode lain karena biasanya relatif lebih mudah menilai suatu proyek pada saat sekarang (Putro, 2005).

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

Laju pengembalian modal adalah ekuivalen dengan pengertian profit (keuntungan) dalam teori ekonomi. Perbandingan antara berbagai

alternatif yang terdiri atas sejumlah penerimaan/keuntungan dan pengeluaran/biaya yang berbeda dengan periode yang berlainan dapat dilakukan dengan menghitung suku bunganya, dimana dengan suku bunga tersebut kedua alternatif ekuivalen.

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

Analisa manfaat biaya (*benefit cost analysis*) adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek yang dibiayai oleh pemerintah. Analisa ini adalah cara praktis untuk menaksir kemanfaatan proyek, dimana hal ini diperlukan tinjauan yang panjang dan luas. Dengan kata lain diperlukan analisa dan evaluasi dari berbagai sudut pandang yang relevan terhadap ongkos-ongkos maupun manfaat yang disumbangkannya.

4. Titik Impas (*Break event point*)

Dalam beberapa kondisi ekonomi, biaya dari suatu alternatif mungkin merupakan fungsi dari suatu variabel. Jika dua atau lebih alternatif merupakan fungsi dari suatu variabel yang sama, kemudian ingin ditentukan nilai dari variabel tersebut sedemikian hingga biaya kedua alternatif tersebut sama. Nilai dari variabel yang diperoleh disebut sebagai titik (*break-event point*).

Dari alternatif analisa kelayakan tersebut maka yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa manfaat biaya. Hal ini dikarenakan objek penelitian masuk dalam kategori infrastruktur atau sarana dan prasarana umum yang dibiayai oleh pemerintah.

3.6 ANALISIS MANFAAT DAN BIAYA

Seperti yang dijelaskan diatas analisis manfaat biaya (*benefit cost analysis*) adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek yang dibiayai oleh pemerintah. Analisis manfaat dan biaya ini ditujukan untuk mencari nilai dari perbandingan antara manfaat dan biaya atau yang biasanya disebut *Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)*.

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

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

Berdasarkan itu kemudian akan dijelaskan apa saja manfaat dan biaya yang dihitung dalam perencanaan pembangunan perkerasan kaku ruas jalan yang diteliti.

3.7 MANFAAT (*BENEFIT*)

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

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

Dalam penelitian ini manfaat yang akan dihitung hanya dari segi manfaat langsung yakni penghematan biaya operasional kendaraan tidak tetap (BOK-TT). Selanjutnya akan dijelaskan terkait biaya operasional kendaraan

3.7.1 Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap

Pedoman Pra Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan PD T-18-2005-B menjelaskan bahwa perhitungan biaya operasi kendaraan dimaksudkan 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.

Manfaat yang dapat diperhitungkan menurut Pd-T-18-2005-B tersebut adalah penghematan biaya perjalanan, yaitu selisih biaya perjalanan total dengan proyek (*with project*) dan tanpa proyek (*wirhout project*).

Unit-unit BOK tidak tetap yang dihitung mengacu pada Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap (*Running Cost*) Pd T-15-2005-B. Selanjutnya akan dijelaskan tentang unit-unit BOK tidak tetap tersebut.

A. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Beberapa input 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 kecepatan rata-rata lalu lintas perkerasan eksisting, karena perkerasan eksisting mengalami kerusakan yang cukup parah, maka kecepatan rata-rata lalu lintas diasumsikan 10 km/jam untuk mobil penumpang, sedangkan truk dan bis diasumsikan 5 km/jam.

Sementara untuk percepatan rata-rata dihitung menggunakan **Persamaan 3.8** yang diperoleh dari Pd-T-15-2005-B berikut ini:

$$A_R = 0,012 \times (V/C) \quad (3.8)$$

dengan:

A_R = Percepatan rata-rata

V = Volume lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

Sedangkan untuk perhitungan simpangan baku percepatan digunakan **Persamaan 3.9**.

$$SA = SA \max (1,04/1+e^{(a0+a1) \times V/C}) \quad (3.9)$$

dengan:

SA = Simpangan baku percepatan (m/s^2)

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)

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

Tabel 3.9 Alinemen 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, *Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005*

Selanjutnya untuk menentukan berat kendaraan total yang direkomendasikan digunakan **Tabel 3.10** berikut ini.

Tabel 3.10 Berat kendaraan total yang direkomendasikan sesuai jenis kendaraan

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

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

Selanjutnya dalam menghitung biaya konsumsi bahan bakar minyak digunakan Persamaan **3.10**.

$$B_i \text{BBM}_j = \text{KBBM}_i \times \text{HBBM}_j \quad (3.10)$$

dengan:

$B_i \text{BBM}_j$ = 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 3.10** tersebut, KBBM_i perlu dicari terlebih dahulu. Untuk mencari KBBM_i digunakan **Persamaan 3.11** sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{KBBM}_i = & [\alpha + (\beta_1/V_R) + (\beta_2 \times V_R^2) + (\beta_3 \times R_R) + (\beta_4 \times F_R) + (\beta_5 \times F_R^2) + \\ & (\beta_6 \times \text{DT}_R) + (\beta_7 \times A_R) + (\beta_8 \times \text{SA}) + (\beta_9 \times \text{BK}) + (\beta_{10} \times \text{BK} \times A_R) \\ & + (\beta_{11} \times \text{BK} \times \text{SA})] / 1000 \end{aligned} \quad (3.11)$$

dengan:

α = Konstanta

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

V_R = Kecepatan rata-rata

R_R = Tanjakan rata-rata

F_R = Turunan rata-rata

DT_R = Derajat tikungan rata-rata

A_R = Percepatan rata-rata

SA = Simpangan baku percepatan

BK = Berat kendaraan

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

Tabel 3.11 Nilai konstanta dan koefisien-koefisien parameter model konsumsi bahan bakar sesuai jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	α	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}	β_{11}
Sedan	23,78	1181,2	0,0037	1,265	0,634			-0,638	36,21			
Utiliti	29,61	1256,8	0,0059	1,765	1,197			132,2	42,84			
Bus Kecil	94,35	1058,9	0,0094	1,607	1,488			166,1	49,58			
Bus Besar	129,6	1912,2	0,0092	7,231	2,79			266,4	13,86			
Truk Ringan	70	524,6	0,002	1,732	0,945			124,4				50,02
Truk Sedang	97,7		0,0135	0,7365	5,706	0,0378	-0,0858			6,661	36,46	17,28
Truk Berat	190,3	3829,7	0,0196	14,536	7,225						11,41	10,92

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

B. Biaya Konsumsi Oli

Biaya konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dapat dihitung dengan **Persamaan 3.12** berikut.

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

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)

KO_i sendiri dicari dengan menggunakan **Persamaan 3.13** berikut.

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

dengan:

OHK_i = Oli hilang akibat kontaminasi (liter/km)

OHO_i = Oli hilang akibat operasi (liter/km)

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

OHK_i sendiri dapat dicari dengan **Persamaan 3.14** berikut.

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

dengan :

KPO_i = Kapasitas oli (liter)

JPO_i = Jarak penggantian oli (km)

Nilai OHO_i , KPO_i dan JPO_i diperoleh dari Tabel nilai tipikal JPO_i , KPO_i , dan OHO_i yang direkomendasikan diperoleh dari **Tabel 3.12** berikut ini.

Tabel 3.12 Nilai tipikal JPO_i , KPO_i , dan OHO_i

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

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

C. Biaya Konsumsi Suku Cadang

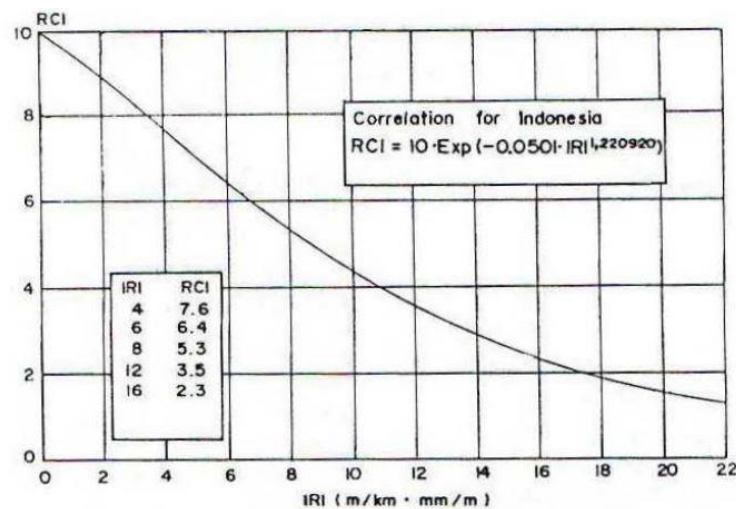
Beberapa input yang perlu diperhatikan untuk mencari biaya konsumsi suku cadang adalah kekasaran permukaan jalan dan harga kendaraan baru. Nilai kekasaran permukaan yang digunakan adalah berdasarkan Tabel 3.13 tentang kondisi permukaan secara visual dan nilai RCI berikut ini.

Tabel 3.13 Nilai RCI permukaan jalan

RCI	Kondisi Permukaan Jalan secara Visual
8-10	Sangat rata dan teratur
7-8	Sangat baik, 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 da seluruh daerah perkerasan hancur
0-2	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4 WD Jeep

Sumber: Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, 1992

Berdasarkan **Tabel 3.13** tersebut jika sudah mendapatkan nilai RCI maka kemudian dikonversikan kedalam nilai IRI menggunakan grafik pada **Gambar 3.6** berikut ini.



Gambar 3.6 Grafik korelasi nilai RCI dan IRI (Sumber: Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, 1992)

Selanjutnya input yang lain adalah harga kendaraan baru. Harga kendaraan baru diperoleh melalui survei internet. Harga kendaraan baru yang dipakai adalah harga kendaraan tersebut dikurangi dengan nilai ban yang digunakan.

Biaya konsumsi suku cadang dapat dihitung dengan **Persamaan 3.15**

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

dengan:

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

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

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

i = Jenis kendaraan

P_i sendiri diperoleh dari **Persamaan 3.16**.

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

dengan:

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

ϕ = Konstanta

γ_1 & γ_2 = Koefisien-koefisien parameter

IRI = Kekasaran jalan (m/km)

KJT_i = Kumulatif jarak tempuh kendaraan jenis i (km)

i = Jenis kendaraan

Untuk KJT_i digunakan asumsi semua jenis kendaraan memiliki jarak tempuh 5000 km untuk satu kali perawatan. Sedangkan untuk nilai ϕ serta γ_1 & γ_2 diperoleh dari **Tabel 3.14** berikut ini.

Tabel 3.14 Koefisien parameter biaya suku cadang sesuai jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	Koefisien Parameter		
	ϕ	γ_1	γ_2
Sedan	-0,69	0,42	0,1
Utiliti	-0,69	0,42	0,1
Bus Kecil	-0,73	0,43	0,1
Bus Besar	-0,15	0,13	0,1
Truk Ringan	-0,64	0,27	0,2
Truk Sedang	-1,26	0,46	0,1
Truk Berat	-0,86	0,32	0,4

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, *Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan*

Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005

D. Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Biaya upah perbaikan kendaraan dapat dihitung dengan **Persamaan 3.17**.

$$BU_i = JP_i \times UTP/1000 \quad (3.17)$$

dengan:

BU_i = Biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km)

JP_i = Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000km)

UTP = Upah Tenaga Pemeliharaan (Rp/jam)

Untuk menghitung JP_i digunakan **Persamaan 3.18**.

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

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 dan a_1 diperoleh dari **Tabel 3.18** berikut ini.

Tabel 3.15 Nilai a_0 dan a_1 sesuai jenis kendaraan

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

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

Sedangkan UTP diperoleh dari upah montir perbulan sebesar gaji Upah Minimum Regional DIY sebesar Rp.1.500.000 dibagi dengan jumlah jam bekerja selama satu bulan. Jumlah jam kerja selama 1 hari montir diasumsikan 8 jam. Montir bekerja 6 hari dalam satu minggu. Maka total jam kerja dalam sebulan adalah 192 jam. Maka upah montir per jam adalah Rp. 1.500.000 dibagi dengan 192 jam. Diperoleh UTP sebesar Rp. 7812,5.

E. Biaya Konsumsi Ban

Beberapa input yang perlu diketahui sebelum menghitung biaya konsumsi ban adalah nilai tanjakan & turunan (TT_R) dan derajat tikungan (DT_R). Nilai TT_R diperoleh dari **Tabel 3.16** berikut ini.

Tabel 3.16 Nilai TT sesuai kondisi medan.

Kondisi Medan	TT_R (m/km)
Datar	5
Bukit	25
Pegunungan	45

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

Sedangkan untuk mencari nilai derajat tikungan digunakan **Tabel 3.17** berikut ini.

Tabel 3.17 Nilai derajat tikungan

Kondisi Medan	Derajat Tikungan
Datar	15
Bukit	115
Pegunungan	200

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

Selanjutnya biaya konsumsi ban diperoleh dari Persamaan **3.19**.

$$BB_i = KB_i \times HB_i / 1000 \quad (3.19)$$

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

KB_i sendiri dicari dengan **Persamaan 3.20**.

$$KB_i = \chi + (\delta_1 \times IRI) + (\delta_2 \times TT_R) + (\delta_3 \times DT_R) \quad (3.20)$$

dengan:

χ = Konstanta

δ_1, \dots = Koefisien parameter

TT_R = Tanjakan + turunan rata-rata

DT_R = Derajat tikungan rata-rata

Nilai konstanta dan koefisien parameter sendiri dapat diperoleh dari **Tabel 3.18** berikut ini.

Tabel 3.18 Nilai konstanta dan koefisien parameter konsumsi ban

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, *Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap*, 2005

F. Biaya Tidak Tetap Besaran BOK (BTT)

Biaya tidak tetap dihitung dengan menjumlahkan unit-unit BOK sebagai berikut:

$$BTT = B_iBBM_j + BO_i + BP_i + BU_i + BB_i \quad (3.21)$$

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)

Selanjutnya akan dijelaskan mengenai biaya dalam subbab berikut.

3.8 BIAAYA (*COST*)

Biaya yang dihitung dari penelitian ini adalah biaya langsung (*initial cost*) atau biaya konstruksi perkerasan dan biaya siklus hidup perkerasan selama umur rencana (*life cycle cost*).

3.8.1 Biaya Langsung (*Initial Cost*)

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

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

6. Divisi 6 - Perkerasan Aspal
7. Divisi 7 - Struktur
8. Divisi 8 - Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor
9. Divisi 9 - Pekerjaan Harian
10. Divisi 10 - Pekerjaan Pemeliharaan Rutin

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

3.8.2 Biaya Siklus Hidup (*Life-cycle Cost*)

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

BAB IV METODE PENELITIAN

Metode penelitian atau metode ilmiah adalah prosedur atau langkah-langkah dalam mendapatkan pengetahuan ilmiah atau ilmu. Jadi metode penelitian adalah cara sistematis untuk menyusun ilmu pengetahuan (Suryana, 2010). Berdasarkan itu metodologi penelitian memuat jenis penelitian yang digunakan, cara pengumpulan data, dan cara analisis data.

4.1 JENIS PENELITIAN

Jenis penelitian berkaitan dengan metode ilmiah yang digunakan untuk mendapatkan data dengan kegunaan dan tujuan tertentu. Berdasarkan sifat masalahnya, beberapa jenis penelitian yang biasanya digunakan adalah penelitian deskriptif dan penelitian eksperimen.

Menurut Suryana (2010) penelitian deskriptif adalah penelitian yang bertujuan untuk membuat deskripsi secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, dan sifat-sifat populasi daerah tertentu. Sedangkan penelitian eksperimen bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan sebab akibat dengan cara mengenakan kepada suatu atau lebih kondisi perlakuan dan membandingkan hasilnya dengan suatu atau lebih kelompok kontrol (Suryana, 2010).

Berdasarkan itu jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian deskriptif. Hal itu dikarenakan penelitian ini bersifat faktual dan ditujukan untuk menjelaskan sifat-sifat dari suatu subjek yang diteliti yakni cakupan manfaat (*benefit*), biaya (*cost*) dan kelayakan dari rencana pembangunan perkerasan jalan kaku di ruas jalan yang diteliti.

4.2 CARA MENGUMPULKAN DATA

Sebelum pengumpulan data, perlu dipaparkan terlebih dahulu subjek dan objek penelitian, instrumen yang digunakan, jenis dan sumber data, waktu pengumpulan data, dan kesulitan yang mungkin dihadapi saat proses pengumpulan data.

4.2.1 Subjek dan Objek Penelitian

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, subjek adalah orang, tempat atau benda yang diamati dalam rangka pembuntutan sebagai sasaran atau pelaku. Sedangkan objek adalah hal atau benda yang menjadi sasaran. Subjek penelitian sendiri adalah sesuatu yang diteliti baik orang, benda, ataupun lembaga (organisasi). Subjek penelitian pada dasarnya adalah yang akan dikenai kesimpulan hasil penelitian (Azwar, 1998). Dalam penelitian ini yang menjadi subjek penelitian adalah ruas jalan Balong-Plosokerep di Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta.

Objek penelitian sendiri adalah sifat keadaan dari suatu benda, orang, atau yang menjadi pusat perhatian dan sasaran penelitian. Objek penelitian dalam penelitian ini adalah kelayakan ruas jalur evakuasi bencana yang meliputi nilai manfaat dan biaya. Berdasarkan penjelasan tersebut selanjutnya akan diterangkan yang menyangkut dengan sumber dan data penelitian.

4.2.2 Sumber dan Data Penelitian

Data penelitian terbagi menjadi data primer dan data sekunder seperti yang akan dijelaskan berikut ini:

1. Data Primer

a. Data primer adalah data yang diperoleh oleh peneliti langsung dari penelitian di lapangan yang berada di lokasi penelitian ataupun sekitarnya. Penelitian ini tidak menggunakan data primer.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari sumber kedua. Adapun data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Data lalu lintas ruas jalan Suruh-Singlar
- b. Daftar harga satuan bahan, upah dan alat Kabupaten Sleman

4.3 CARA OLAH DATA

Data lalu lintas Suruh-Singlar digunakan untuk mendesain tebal perkerasan jalan. Sedangkan daftar harga satuan bahan, upah dan alat digunakan untuk mencari biaya perkerasan.

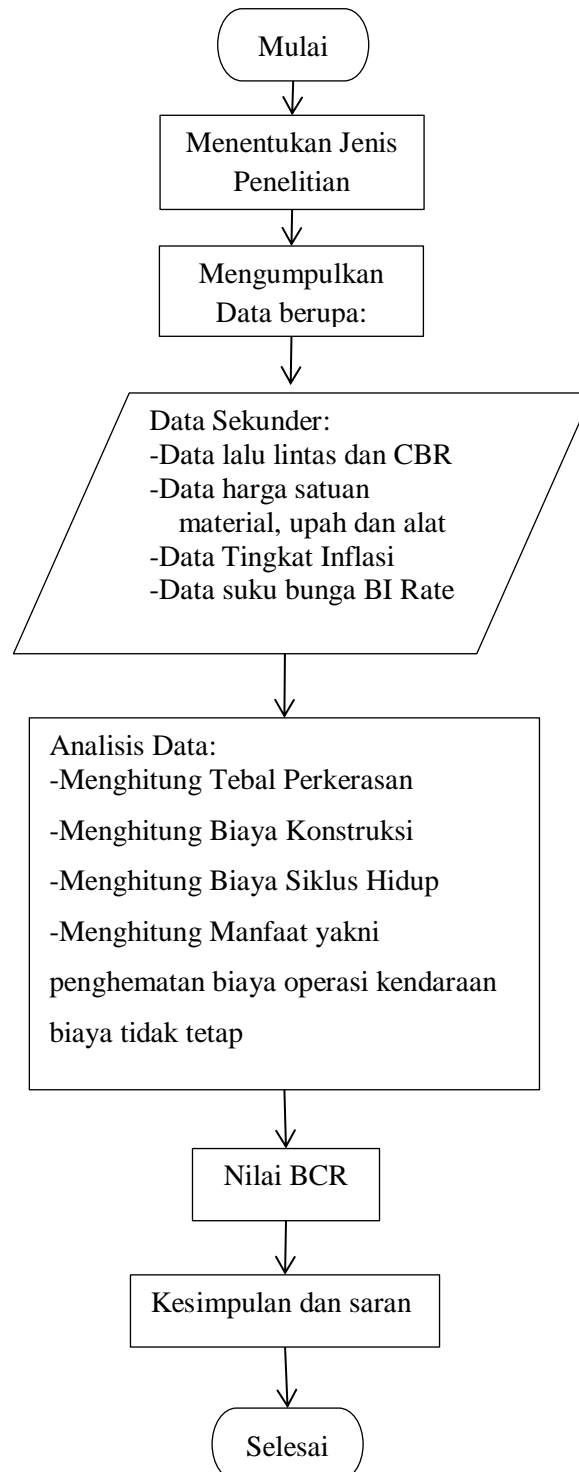
Setelah biaya total atau *total cost* diperoleh maka langkah selanjutnya adalah menghitung biaya siklus hidup jalan selama umur rencana.

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

Dari perhitungan tersebut akan diketahui bagaimana kelayakan dari pembangunan perkerasan kaku ruas Balong-Plosokerep tersebut berdasarkan nilai B/C-R.

4.4 BAGAN ALIR PENELITIAN

Berikut bagan alir dari penelitian yang akan dilakukan



BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 DATA PENELITIAN

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut

A. Data Informasi Jalan

Panjang : 1,1 Km
Lebar : 4 m
Perkerasan : Aspal/ Penetrasi Macadam
Kondisi : Rusak Berat

Data tersebut bersumber dari Bidang Bina Marga Dinas PU-PSDM Kabupaten Sleman tahun 2016.

B. Data harga satuan upah, bahan dan alat tahun 2016 yang terlampir dalam **Lampiran 7**.

C. Data tingkat inflasi 5 tahun terakhir yang terlampir di **Lampiran 5** dan data suku bunga BI-Rate 2 tahun terakhir yang terlampir dalam **Lampiran 6**.

D. Data Lalu Lintas dan CBR

Data lalu lintas dan CBR untuk perencanaan perkerasan kaku dalam penelitian ini termasuk data sekunder yang diperoleh dari Bidang Bina Marga Dinas PU Kabupaten Sleman. Data lalu lintas yang digunakan adalah data lalu lintas ruas Suruh-Singlar yang masih dalam satu kecamatan yang sama dengan objek penelitian, yakni Kecamatan Cangkringan. Penggunaan data ini dikarenakan data lalu lintas ruas objek penelitian tidak tersedia. Maka dari itu lalu lintas ruas jalan objek penelitian bisa diasumsikan sama dengan ruas Suruh-Singlar. Berikut data lalu lintas tersebut disajikan.

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

Klasifikasi kendaraan	Jenis Kendaraan	Jumlah
Gol1	Motor	38
Gol2	Mobil Penumpang	9
Gol3	Opelet, combi, minibus	18
Gol4	Pickup	12
Gol5a	Bus Kecil	0
Gol5b	Bus Besar	0
Gol6a	Truk Ringan 2As	45
Gol6b	Truk Berat 2As	58
Gol7a	Truk Berat 3As	0
Gol7b	Truk Gandeng 4As	0
Gol7c	Truk Semi Trailer	0
Jumlah		180

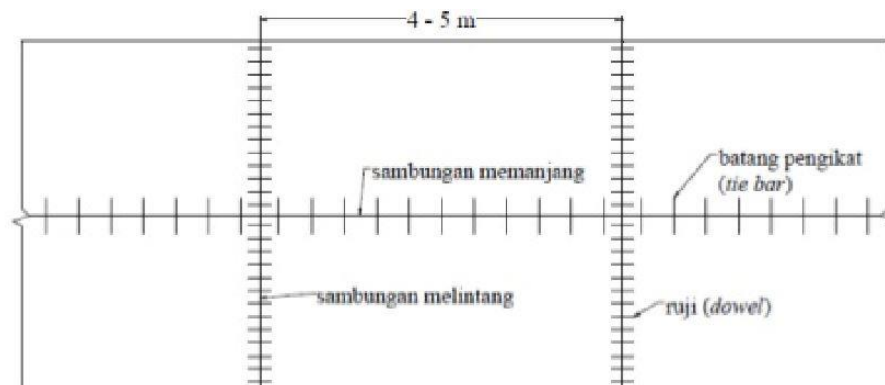
Sumber: Bina Marga, Dokumen D.E.D Suruh-Singlar, 2016

Sedangkan untuk nilai CBR digunakan sebesar 5%. Data tersebut digunakan untuk merancang tebal perkerasan kaku seperti yang dijabarkan berikutnya.

5.2 PERENCANAAN PERKERASAN KAKU

5.2.1 Pemilihan Jenis Perkerasan Kaku Rencana

Dalam penelitian ini digunakan jenis perkerasan kaku yakni perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) tanpa bahu beton. Pemilihan jenis perkerasan ini mengikut pada salah satu ruas jalan di Kecamatan Cangkringan, yakni ruas Suruh-Singlar. Pada sambungan melintang, digunakan ruji atau dowel. Sedangkan untuk sambungan memanjang digunakan batang pengikat. Jarak antar sambungan melintang sendiri atau panjang pelat beton digunakan jarak minimal 4 meter.



Gambar 5.1 Tampak atas perkerasan kaku Beton Bersambung Tanpa Tulangan
(Sumber: <https://www.slideshare.net/RizkiSahfutraArmi/rigid-pavement-17864815>)

5.2.2 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Berdasarkan pedoman desain perkerasan kaku Pd T-14-2003, perencanaan perkerasan didasarkan pada distribusi kelompok jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN). Sebaran kelompok kendaraan disesuaikan sesuai klasifikasi kendaraan yang terdapat dalam data LHR yakni dari golongan 1 sampai 7C yang terdapat pada **Tabel 5.1**. Setelah itu data konfigurasi beban sumbu dan jumlah sumbu kendaraan tersebut dikategorikan menjadi tiga yakni 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 5.2** berikut ini.

Tabel 5.2 Distribusi kelompok kendaraan niaga

Jenis Kendaraan	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 (buah)	BS (ton)	JS (buah)	BS (ton)	JS (buah)
Motor	1	1			38	-							
Mobil Penumpang	1	1			9	-							
Opelet, combi, minibus	1	1			18	-							
Pickup	1	3			12	-							
Bus Kecil	5.4	5.4			0	2	0	5.4	0				
Bus Besar	5.4	8.16			0	2	0	5.4	0	8.16	0		
Truk Ringan 2As	5.4	5.4			45	2	90	5.4	45				
Truck Berat 2As	5.4	8.16			58	2	116	5.4	58	8.16	58		
Truk Berat 3As	5.4	15			0	2	0	5.4	0			15	0
Truk Gandeng 4As	5.4	15	8.16	8.16	0	4	0	5.4	0	8.16	0	15	0
Truck Semi Trailer	5.4	15		15	0	3	0	5.4	0	-	-	15	0
												15	0
							206		148		58		0

Sumber: Hasil analisis, 2017

Dari **Tabel 5.2** tersebut khusus untuk jenis kendaraan motor, mobil penumpang, oplet dan pickup tidak dimasukkan dalam perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga karena beban sumbu dibawah 5 ton.

Berdasarkan **Tabel 5.2** tersebut nilai Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian (JSKNH) diperoleh sebesar 206 buah. Selanjutnya dicari faktor pertumbuhan lalu lintas menggunakan **Persamaan 3.2** dengan memasukkan input umur rencana dan pertumbuhan lalu lintas.

Umur rencana yang digunakan diperoleh dari **Tabel 3.4** tentang umur rencana perkerasan jalan baru. **Tabel 5.3** berikut menampilkan umur rencana yang digunakan.

Tabel 5.3 Umur rencana perkerasan yang digunakan

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

Sumber: Bina Marga, Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013

Sedangkan pertumbuhan lalu lintas (i) diambil dari **Tabel 3.2**. Dari **Tabel 3.2** tersebut diasumsikan deskripsi jalan yang menjadi objek penelitian adalah jalan lokal. **Tabel 5.4** berikut menampilkan laju pertumbuhan lalulintas yang digunakan.

Tabel 5.4 Laju pertumbuhan lalu lintas yang digunakan

Deskripsi Jalan	Pertumbuhan lalu lintas (%)
Jalan lokal	1

Sumber: Bina Marga, Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013

Selanjutnya faktor pertumbuhan lalu lintas dapat diperoleh dengan **Persamaan 3.2**. **Tabel 5.5** berikut menampilkan perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas.

Tabel 5.5 Perhitungan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Laju Pertumbuhan lalu Lintas (%)	Umur Rencana Perkerasan Kaku	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas
a	b	$c = (1+a^b)/b$
1	40	48,9

Sumber: Hasil analisis, 2017

Koefisien distribusi kendaraan (C) sendiri diperoleh dari **Tabel 3.3** tentang koefisien distribusi kendaraan niaga pada lajur rencana. Seperti yang diketahui lebar perkerasan jalan didesain dengan lebar 6 meter dengan 2 lajur 2 arah. **Tabel 5.6** berikut menampilkan koefisien distribusi kendaraan yang digunakan.

Tabel 5.6 Koefisien distribusi kendaraan yang digunakan

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

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

Maka berdasarkan **Tabel 3.3** diperoleh koefisien distribusi sebesar 0,5. Selanjutnya JSKN bisa diperoleh dengan **Persamaan 3.3**. **Tabel 5.7** berikut menampilkan perhitungan JSKN.

Tabel 5.7 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

JSKNH	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	Koefisien Distribusi Kendaraan	JSKN
a	b	c	$d = a \times 365 \times b \times c$
206	48,9	0,5	1.837.883,206

Sumber: Hasil analisis, 2017

5.2.3 Perhitungan Repetisi Sumbu Yang Terjadi

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 3.5**.

Proporsi beban diperoleh dari jumlah sumbu sesuai beban sumbu dibagi dengan total jumlah sumbu pada jenis konfigurasi sumbu. Dalam hal ini, misalnya pada kelompok konfigurasi STRT, beban sumbu yang digunakan hanyalah 5,4 ton. Karena beban sumbu lain diatas 5,4 ton hanyalah 8,16 ton, dimana beban sumbu 8,16 ton masuk dalam kelompok konfigurasi STRG. Sehingga jumlah sumbu dengan beban sumbu 5,4 ton adalah sebesar 148, dibagi dengan total jumlah sumbu sebesar 148 juga, maka dari itu diperoleh proporsi beban sebesar 1.

Sedangkan proporsi sumbu diperoleh dari pembagian antara jumlah sumbu pada kelompok konfigurasi tertentu dibagi dengan total jumlah sumbu semua konfigurasi sumbu.

Berikut akan ditampilkan pada **Tabel 5.8** hasil analisis perhitungan jumlah repetisi sumbu yang terjadi.

Tabel 5.8 Perhitungan Jumlah repetisi sumbu yang terjadi

<i>Jenis Sumbu</i>	<i>Beban Sumbu (ton)</i>	<i>Jumlah Sumbu</i>	<i>Proporsi Beban</i>	<i>Proporsi Sumbu</i>	<i>JSKN</i>	<i>Repetisi</i>
STRT	5,4	148	1	0,718446602	1.837.883,206	1.320.420,944
Jumlah		148	1			
STRG	8,16	58	1	0,281553398	1.837.883,206	517.462,262
Jumlah		58	1			
Total		206			Total repetisi	1.837.883,20

Sumber: Hasil analisis, 2017

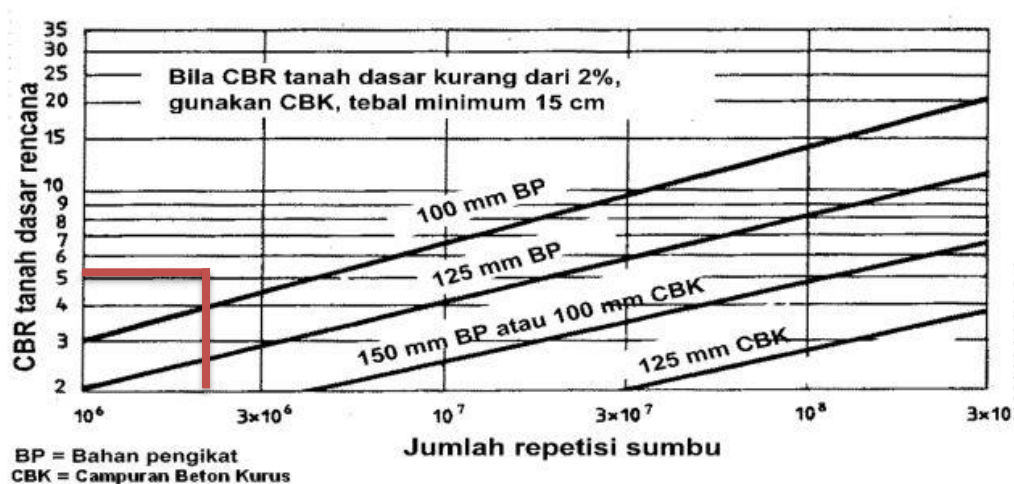
Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh jumlah repetisi untuk kelompok sumbu STRT sebesar 1.320.420,944 sedangkan STRG sebesar 517.462,262. Total

repetisi sumbu yang terjadi sebesar 1.837.883,206 atau $1,837 \times 10^6$ atau sama dengan nilai JSKN.

5.2.4 Penentuan Jenis dan Tebal Pondasi

Jenis dan tebal pondasi dapat ditentukan dengan menginput jumlah repetisi sumbu dan nilai CBR tanah dasar kedalam grafik pada **Gambar 3.4**

CBR tanah dasar yang dipakai diasumsikan sama seperti pada ruas jalur Suruh-Singlar. Dengan itu CBR tanah dasar yang dipakai adalah sebesar 5%. Berdasarkan grafik pada **Gambar 3.4** tersebut jika input CBR tanah dasar dan jumlah repetisi sumbu atau nilai JSKN dihubungkan maka dapat diketahui jenis dan tebal pondasi perkerasan.



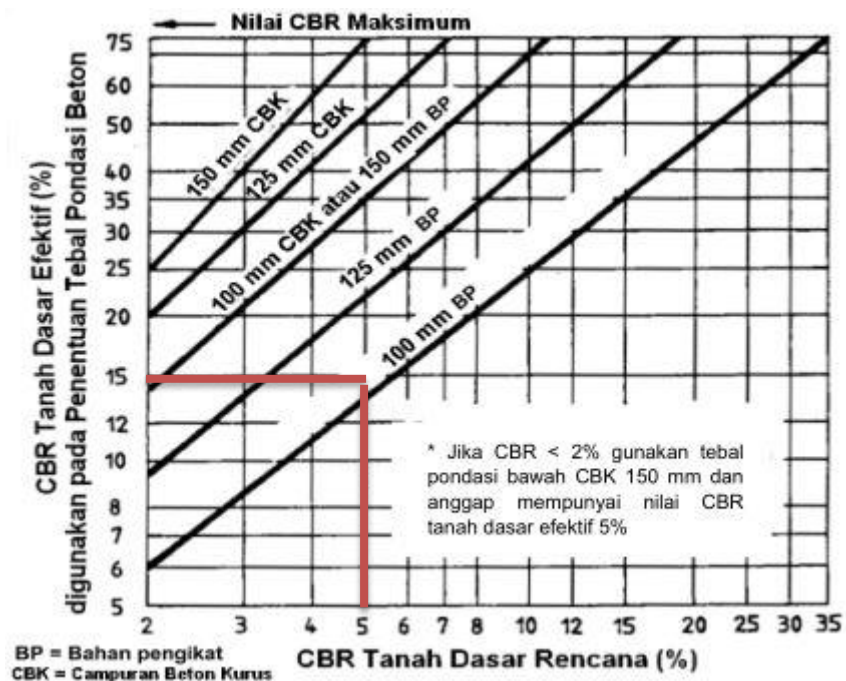
Gambar 5.2 Penentuan jenis dan Tebal pondasi bawah minimum yang digunakan

Jenis daripada pondasi yang digunakan adalah menggunakan bahan pengikat (BP) sementara tebal pondasi perkerasan setebal 100 mm. Berdasarkan Pd T-14-2003 pondasi bawah dengan bahan pengikat dapat berupa stabilisasi material berbutir dengan bahan pengikat, campuran beraspal bergradasi rapat, dan campuran beton korus giling padat.

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

5.2.5 Penentuan CBR Tanah Dasar Efektif

Selanjutnya setelah diperoleh jenis dan ketebalan pondasi maka akan dicari nilai CBR tanah dasar efektif untuk mencari tebal perkerasan. Untuk mencari CBR tanah dasar efektif maka digunakan grafik hubungan CBR tanah dasar rencana dan tebal pondasi bawah pada **Gambar 3.3**. **Gambar 5.3** ini ditampilkan penentuan CBR tanah dasar efektif yang digunakan.

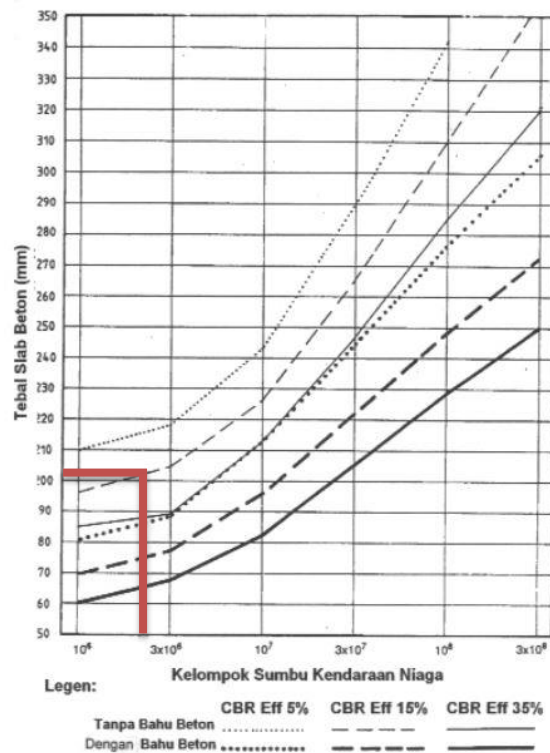


Gambar 5.3 Penentuan CBR tanah dasar efektif yang digunakan

Berdasarkan grafik pada **Gambar 5.3** tersebut jika CBR tanah dasar rencana sebesar 5% serta jenis dan ketebalan pondasi yang sudah diperoleh sebelumnya dimasukkan maka diperoleh CBR tanah dasar efektif sebesar 15%.

5.2.6 Penentuan Tebal Taksiran Perkerasan Kaku

Setelah memperoleh CBR tanah dasar efektif maka kemudian dapat diperoleh tebal taksiran pelat beton. Penentuan tebal taksiran pelat beton menggunakan grafik pada **Gambar 3.5**. Grafik tersebut memerlukan input jumlah repetisi kelompok sumbu kendaraan niaga serta nilai CBR tanah dasar efektif. **Gambar 5.4** ini ditampilkan penentuan tebal taksiran pelat beton.



Gambar 5.4 Penentuan tebal taksiran pelat beton ruas yang digunakan.

Berdasarkan grafik hubungan kelompok sumbu kendaraan niaga dengan tebal perkerasan serta CBR tanah dasar efektif dalam **Gambar 5.4** maka diperoleh tebal perkerasan sebesar 200 mm.

5.2.7 Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton

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

Pada penelitian ini digunakan kuat tekan beton sebesar 20 MPa. Sedangkan untuk nilai konstantan digunakan 0,75 untuk agregat pecah. **Tabel 5.9** berikut menampilkan perhitungan kuat tarik lentur beton.

Tabel 5.9 Perhitungan kuat tarik lentur beton

K	f_c' (MPa)	f_{cf} (MPa)
<i>a</i>	<i>b</i>	$c = a \times b^{0,5}$
0,75	20	3,35

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan perhitungan tersebut tersebut maka kuat tarik lentur beton diperoleh sebesar 3,35 MPa.

5.2.8 Perhitungan Beban Rencana Per Roda

Beban rencana per roda dipergunakan dalam perhitungan analisis fatik dan erosi sebagai salah satu input dalam nomogram fatik dan erosi. Berdasarkan itu perlu dicari beban rencana per roda. Dalam **Tabel 5.1** beban sumbu dan jumlah sumbu masing-masing jenis kendaraan telah diperoleh.

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

Berikut pada **Tabel 5.10** akan ditampilkan hasil perhitungan beban rencana per roda yang diperoleh.

Tabel 5.10 Perhitungan beban rencana per roda yang digunakan

Jenis Sumbu	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>	$e = (b/c) \times d$
STRT	54	2	1,0	27
STRG	81,6	4	1,0	20,4

Sumber: Hasil Analisis, 2017

5.2.9 Analisis Kerusakan Akibat Fatik Pada Pelat Beton

Berdasarkan Pd-T-14-2003, untuk menentukan apakah tebal perkerasan tersebut bisa digunakan atau tidak maka perlu dilakukan analisis fatik. Dalam analisis fatik perlu dicari terlebih dahulu tegangan ekuivalen serta faktor rasio tegangan sesuai dengan kategori sumbu kendaraannya yakni STRT dan STRG. Nilai tegangan ekuivalen diperoleh dari **Lampiran 2** yang dirangkum pada **Tabel 5.11** berikut ini.

Tabel 5.11 Nilai Tegangan Ekuivalen yang digunakan

Tebal Pelat (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Ekuivalen	
		STRT	STRG
200	15	1,02	1,65

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

Setelah tegangan ekuivalen diketahui, maka perlu dicari Faktor Rasio Tegangan (FRT) sesuai masing-masing konfigurasi sumbu kendaraan tersebut. Untuk menghitung FRT maka digunakan **Persamaan 3.5**.

Berdasarkan **Persamaan 3.5** maka diperoleh Faktor Rasio Tegangan semua kelompok sumbu kendaraan yang dicari, yang akan ditampilkan pada **Tabel 5.12** berikut ini

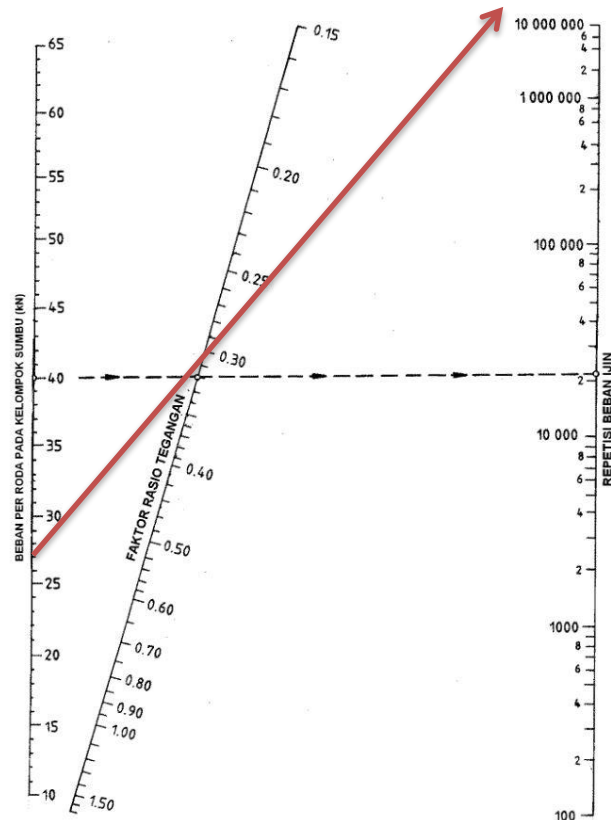
Tabel 5.12 Perhitungan faktor rasio tegangan sesuai jenis sumbu.

Jenis Sumbu	Tegangan Ekuivalen	f_{cf}	Faktor Rasio Tegangan
a	b	c	$d = b/c$
STRT	1,02	3,35	0,30
STRG	1,65	3,35	0,49

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Setelah faktor rasio tegangan telah diperoleh maka selanjutnya perlu dicari jumlah repetisi beban ijin sumbu yang diperbolehkan. Repetisi beban ijin untuk analisa fatik diperoleh dari nomogram yang terdapat pada **Lampiran 3**.

Misalnya untuk mencari repetisi ijin pada sumbu STRT, beban rencana per roda diperoleh dari **Tabel 5.10** sebesar 27. Sedangkan FRT yang diperoleh dari **Tabel 5.12** adalah sebesar 0,3. Maka repetisi beban ijin dapat diperoleh seperti yang akan ditampilkan pada nomogram dalam **Gambar 5.5** berikut ini.



Gambar 5.5 Contoh penentuan Repetisi beban ijin akibat fatik jenis sumbu STRT

Dari nomogram pada **Gambar 5.2** tersebut anak panah mengarah pada angka jauh di atas angka repetisi ijin maksimal. Berdasarkan itu maka jumlah repetisi beban ijin akibat fatik, khusus untuk jenis sumbu STRT, adalah tidak terbatas (TT). Untuk beban repetisi ijin sumbu STRG dapat dicari dengan cara serupa.

Berikut dalam **Tabel 5.13** akan ditampilkan rekapitulasi repetisi beban ijin sesuai jenis sumbu yang dicari.

Tabel 5.13 Repetisi beban ijin untuk fatik yang digunakan

Jenis Sumbu	Repetisi Beban Ijin untuk Fatik
STRT	TT
STRG	1.000.000

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Selanjutnya jika repetisi beban ijin telah diperoleh maka persentase kerusakan akibat fatik dapat diperoleh dengan menggunakan **Persamaan 3.6. Tabel 5.14** berikut menampilkan perhitungan persentase kerusakan akibat fatik sesuai jenis sumbu.

Tabel 5.14 Perhitungan Persen total kerusakan akibat fatik sesuai jenis sumbu

Jenis Sumbu	Repetisi Sumbu Yang Terjadi	Repetisi Beban Ijin	Persen Kerusakan Akibat Fatik (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = (b/c) \times 100$
STRT	1.320.421	Tak Terbatas	0
STRG	517.462	1.000.000	51,746
Total			51,746

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Berdasarkan perhitungan tersebut total persentase kerusakan akibat fatik yang terjadi adalah sebesar 51,746%.

5.2.10 Analisis Kerusakan Akibat Erosi Pada Pondasi Bawah

Berdasarkan Pd-T-14-2003, untuk menentukan apakah tebal perkerasan tersebut bisa digunakan atau tidak maka perlu dilakukan analisis erosi. Dalam analisis erosi perlu dicari terlebih dahulu faktor erosi sesuai dengan kategori sumbu kendaraannya yakni STRT dan STRG. Faktor erosi diperoleh dari **Lampiran 4** yang dirangkum pada **Tabel 5.15** berikut ini.

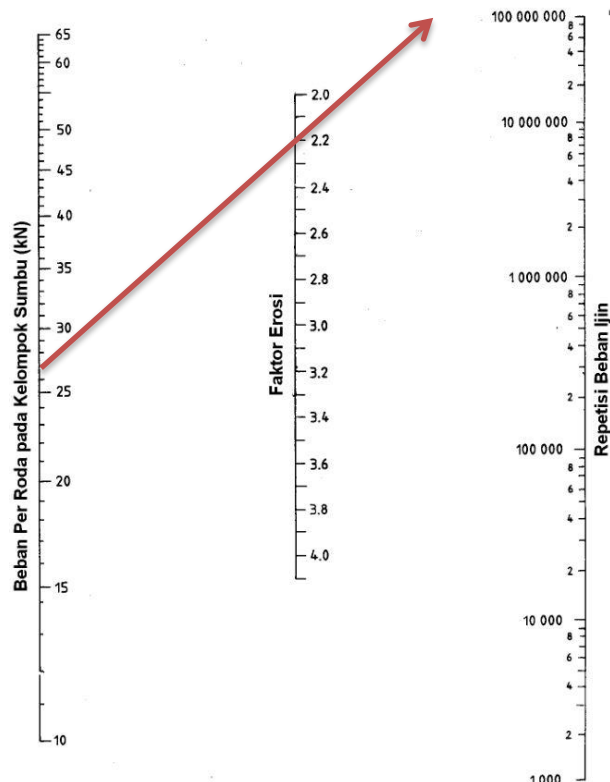
Tabel 5.15 Faktor Erosi yang digunakan

Tebal Pelat (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Faktor Erosi (dengan ruji)	
		STRT	STRG
200	15	2,2	2,82

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

Setelah faktor erosi telah diperoleh maka selanjutnya perlu dicari jumlah repetisi beban ijin sumbu yang diperbolehkan. Repetisi beban ijin untuk analisa erosi diperoleh dari nomogram yang terdapat pada **Lampiran 2**.

Misalnya untuk mencari repetisi ijin pada sumbu STRT, beban rencana per roda diperoleh dari **Tabel 5.10** sebesar 27. Sedangkan faktor erosi yang diperoleh dari **Tabel 5.15** adalah sebesar 2,2. Maka repetisi beban ijin dapat diperoleh seperti yang akan ditampilkan pada nomogram dalam **Gambar 5.6** berikut ini.

**Gambar 5.6** Contoh penentuan Repetisi beban ijin akibat erosi jenis sumbu STRT

Dari nomogram pada **Gambar 5.6** tersebut anak panah mengarah pada angka jauh diatas angka repetisi ijin maksimal. Berdasarkan itu maka jumlah repetisi beban ijin akibat erosi, khusus untuk jenis sumbu STRT, adalah tidak terbatas (TT). Untuk beban repetisi ijin sumbu STRG dapat dicari dengan cara serupa.

Berikut dalam **Tabel 5.16** akan ditampilkan rekapitulasi repetisi beban ijin sesuai jenis sumbu yang dicari.

Tabel 5.16 Repetisi beban ijin untuk erosi yang digunakan

Jenis Sumbu	Repetisi Beban Ijin untuk Erosi
STRT	TT
STRG	40.000.000

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Selanjutnya jika repetisi beban ijin telah diperoleh maka persentase kerusakan akibat erosi dapat diperoleh dengan menggunakan **Persamaan 3.6**. **Tabel 5.17** berikut menampilkan perhitungan persentase kerusakan akibat erosi sesuai jenis sumbu.

Tabel 5.17 Perhitungan persen total kerusakan akibat erosi sesuai jenis sumbu

Jenis Sumbu	Repetisi Sumbu Yang Terjadi	Repetisi Beban Ijin	Persentase Kerusakan Akibat Erosi (%)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = (b/c) \times 100$
STRT	1.320.421	Tak Terbatas	0
STRG	517.462	40.000.000	1,294
Total			1,294

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Selanjutnya akan ditampilkan rekapitulasi perhitungan analisa fatik dan erosi pada **Tabel 5.18** berikut ini.

Tabel 5.18 Rekapitulasi hasil analisis fatik dan erosi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Beban Rencana (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisis Fatik		Analisis Erosi	
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
STRT	54	33	1.320.420,94	TE= 1,02 FRT= 0,30 FE= 2,2	TT	0	TT	0
STRG	81.6	22	517.462	TE= 1,65 FRT= 0,49 FE= 2,82	1.000.000	51,746	40.000.000	1,294
Total						51,746		1,294

Sumber: Hasil analisis, 2017

5.2.11 Perhitungan Kebutuhan Batang Pengikat dan Ruji

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

Pd T-14-2003 menjelaskan bahwa batang pengikat pada sambungan memanjang harus sesuai dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Pada penelitian ini batang pengikat digunakan ukuran minimum yakni berdiameter 16 mm. Panjang batang pengikat diperoleh menggunakan **Persamaan 3.4**. **Tabel 5.19** berikut akan menampilkan perhitungan panjang batang pengikat pada sambungan memanjang.

Tabel 5.19 Perhitungan panjang batang pengikat pada sambungan memanjang

Diameter Batang Pengikat (mm)	Panjang Batang Pengikat (mm)
a	$b=(38,3 \times a) + 75$
16	687,8

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan perhitungan tersebut maka diperoleh panjang batang pengikat sepanjang 687.8 mm dan dibulatkan menjadi 700 mm atau 70 cm. Jarak antar batang pengikat menurut Pd T-14-2003 adalah 75 cm.

Sementara itu untuk diameter, panjang dan jarak antar ruji, ditentukan berdasarkan **Tabel 3.6. Tabel 5.20** berikut menampilkan diameter, panjang dan jarak antar ruji yang digunakan.

Tabel 5.20 Diameter, panjang dan jarak antar ruji yang digunakan

Tebal Perkerasan		Ruji					
		Diameter		Panjang		Jarak	
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
8	200	1	25	18	450	12	300

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

Berdasarkan Titu digunakan ruji dengan diameter 25 mm dengan panjang 450 mm dan jarak antar ruji 300 mm. Selanjutnya akan dihitung biaya konstruksi awal dan biaya tahunan atau siklus hidup perkerasan tersebut.

5.3 ANALISIS BIAYA

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

5.3.1 Biaya Langsung (*Initial Cost*)

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

Panjang Jalan	: 1,1 Km (tetap)
Lebar Jalur Lalu Lintas	: 6,00 m
Kecepatan Rencana	: 30-60 Km/Jam
Jenis Perkerasan	: <i>Rigid Pavement</i> - Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)
Jenis Pondasi	: <i>Cement Treated Subbase</i> (CTSB)
Lebar Bahu Jalan	: 1,50 m
Jenis Perkerasan Bahu	: Lapis Agregat Kelas S

Penggunaan lebar jalur lalu lintas selebar 6 meter sudah sesuai dengan persyaratan teknis jalan untuk ruas jalan dalam jaringan sekunder yang terdapat dalam lampiran Permen PU No 19 tahun 2011. **Tabel 5.21** berikut akan menampilkan persyaratan teknis ruas jalan yang direncanakan, eksisting, serta mengacu pada standar.

Tabel 5.21 Spesifikasi teknis ruas jalan standar, eksisting, dan rencana.

		Standar	Eksisting	Rencana	
Spesifikasi Penyediaan Prasarana		Jalan Kecil	Jalan Kecil	Jalan Kecil	
LHRT, SMP/Hari		<19.500	Tidak diketahui	180	
Fungsi Jalan		Lokal (Kelas III)	Lokal (Kelas III)	Lokal (Kelas III)	
Tipe Jalan Paling Kecil		2/2TT	Tidak diketahui	2/2TT	
Kecepatan Rencana (Km, Jam)		30-60	Tidak diketahui	30-60	
POTONGAN MELINTANG	RUMAJA paling kecil, m	Lebar	8,50	Tidak diketahui	11,60
		Tinggi	5,00	Tidak diketahui	Tidak direncanakan
		Kedalaman	1,5	Tidak Diketahui	Tidak direncanakan
	RUMIJA paling kecil, m		11,00	Tidak diketahui	11,60
	RUWASJA , lebar paling kecil, m		3,00	Tidak Diketahui	Tidak direncanakan
	Badan Jalan , lebar paling kecil, m		7,50	6,00	9,00
	Lebar jalur lalu lintas , paling kecil, m		5,50	4,00	6,00
	Lebar Bahu , paling kecil, m		1,00	1,00	1,50
	Lebar Median , paling kecil, m		Tanpa Median	Tanpa Median	Tanpa Median
	Lebar Jalur pemisah Lajur , paling kecil, m		Tanpa Jalur Pemisah	Tanpa Jalur Pemisah	Tanpa Jalur Pemisah
	Lebar Trotoar , m		1,00	Tidak ada	Tidak direncanakan
	Lebar Saluran tepi jalan , paling kecil, m		0,50	Tidak ada	1,30
	Lebar ambang pengaman , paling kecil, m		1,00	Tidak diketahui	1,00
	Kemiringan perkerasan , %		3	Tidak diketahui	3
	Kemiringan bahu , %		6	Tidak diketahui	6

Sumber: Olahan Data, 2017

Selanjutnya, dengan diperolehnya data harga satuan bahan, upah dan alat, maka biaya konstruksi bisa dihitung. Namun harga satuan bahan, upah, dan alat yang diperoleh merupakan data tahun 2016 sehingga harga tersebut harus dikonversikan ke dalam tahun konstruksi dilakukan, dimana direncanakan pada tahun 2018. Konversi harga tersebut menggunakan persamaan *Future Value* dalam **Persamaan 5.1**

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

dengan:

FV = Future Value (dalam Rp.)

PV = Present Value (dalam Rp.)

i = bunga (%)

n = tahun direncanakan, tahun harga sekarang

Tingkat diskonto yang digunakan dalam mencari *future value* dari harga satuan upah, bahan dan alat tersebut diperoleh dari rata-rata nilai inflasi 5 tahun terakhir sebesar 5,5% yang kemudian dibulatkan menjadi 6%. Data inflasi 5 tahun terakhir terlampir pada **Lampiran 5**. Sedangkan data harga satuan upah, bahan dan alat pada tahun 2016 dan tahun 2018 terlampir pada **Lampiran 7**, **Lampiran 8** dan **Lampiran 9**.

Setelah harga satuan diperoleh 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 5 Perkerasan Beton Semen, yakni pekerjaan perkerasan jalan beton.. Komponen-komponen dalam pekerjaan tersebut adalah tenaga, bahan dan alat. Maka perlu ditentukan terlebih dahulu item-item penyusun komponen tersebut. **Tabel 5.22** berikut menampilkan komponen-komponen dari tenaga, bahan dan alat beserta satuannya.

Tabel 5.22 Komponen tenaga, bahan dan alat pada pekerjaan jalan beton

No	Komponen	Satuan
A	TENAGA	
1	Pekerja	jam
2	Tukang	jam
3	Mandor	jam
B	BAHAN	
1	Semen (PC)	Kg
2	Pasir	M ³
3	Agregat Kasar	M ³
4	Baja Tulangan Polos	Kg
5	Joint Sealent	Kg
6	Cat Anti Karat	Kg
7	Expansion Cap	M ²
8	Polytene 125 mikron	Kg
9	Curing Compound	Ltr
10	Multiplex 12 mm	Lbr
11	Kayu Acuan	M ³
12	Paku	Kg
13	Additive	Ltr
C	PERALATAN	
1	Wheel Loader	jam
2	Batching Plant	jam
3	Truck Mixer	jam
4	Concrete Vibrator	jam
5	Water Tank Truck	jam
6	Concrete Paver	jam

Sumber: Bina Marga, *Dokumen Estimasi Biaya Peningkatan Jalan Ruas Suruh-Singlar, 2016*

Setelah komponen ditentukan maka perlu ditentukan koefisien-koefisien dalam komponen yang akan menjadi pengali harga satuan komponen tersebut. Dalam penelitian ini koefisien bahan, upah dan alat diasumsikan sama seperti pekerjaan pada ruas Suruh-Singlar yang terletak di Kecamatan Cangkringan.

Tabel 5.23 berikut menampilkan koefisien bahan, upah dan alat tersebut.

Tabel 5.23 Koefisien bahan, upah dan alat pada pekerjaan jalan beton

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas
A	TENAGA		
1	Pekerja	jam	14,056
2	Tukang	jam	0,7028
3	Mandor	jam	0,1506
B	BAHAN		
1	Semen (PC)	Kg	420
2	Pasir	M ³	0,6237
3	Agregat Kasar	M ³	0,7885
4	Baja Tulangan Polos	Kg	0,0000
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	0,4375
9	Curing Compound	Ltr	0,8700
10	Multiplex 12 mm	Lbr	0,1600
11	Kayu Acuan	M ³	0,0960
12	Paku	Kg	10,240
13	Additive	Ltr	0,9139
C	PERALATAN		
1	Wheel Loader	jam	0,0244
2	Batching Plant	jam	0,0502
3	Truck Mixer	jam	0,4802
4	Concrete Vibrator	jam	0,0502
5	Water Tank Truck	jam	0,4220
6	Concrete Paver	jam	0,0074

Sumber: Bina Marga, *Dokumen Estimasi Biaya Peningkatan Jalan Ruas Suruh-Singlar, 2016*

Setelah diperoleh koefisien-koefisien tersebut maka selanjutnya AHSP Pekerjaan jalan beton dapat diperoleh dengan mengalikan koefisien-koefisien tersebut terhadap harga satuan. Selanjutnya hasil perkalian tersebut dijumlahkan.

Tabel 5.24 berikut menampilkan hasil AHSP pekerjaan jalan beton

Tabel 5.24 AHSP pekerjaan jalan beton

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	1,4056	Rp 8.386,87	Rp 11.788,59
2	Tukang	jam	0,7028	Rp 11.476,77	Rp 8.065,87
3	Mandor	jam	0,1506	Rp 12.439,86	Rp 1.873,44
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp 21.727,90
B BAHAN					
1	Semen (PC)	KG	420	Rp 1.235,96	Rp 519.103,20
2	Pasir	M3	0,624	Rp 235.956,00	Rp 147.165,76
3	Agregat Kasar	M3	0,789	Rp 140.524,81	Rp 110.803,81
4	Joint Sealent	KG	0,990	Rp 38.314,76	Rp 37.931,61
5	Cat Anti Karat	KG	0,020	Rp 40.168,70	Rp 803,37
6	Expansion Cap	M2	0,170	Rp 6.797,78	Rp 1.155,62
7	Polytene 125 mikron	KG	0,438	Rp 21.629,30	Rp 9.462,82
8	Curing Compound	LTR	0,870	Rp 43.258,60	Rp 37.634,98
9	Multiplex 12 mm	LBR	0,160	Rp 193.821,00	Rp 31.011,36
10	Kayu Acuan	M3	0,096	Rp 1.404.500,00	Rp 134.832,00
11	Paku	KG	1,024	Rp 19.376,99	Rp 19.842,04
12	Additive	LTR	0,914	Rp 43.258,60	Rp 39.534,03
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp 1.089.280,61
C PERALATAN					
1	Wheel Loader	jam	0,0244	Rp 389.379,60	Rp 9.500,86
2	Batching Plant	jam	0,0502	Rp 389.379,60	Rp 19.546,86
3	Truck Mixer	jam	0,4802	Rp 643.897,61	Rp 309.199,63
4	Concrete Vibrator	jam	0,0502	Rp 39.744,56	Rp 1.995,18
5	Water Tank Truck	jam	0,4220	Rp 329.859,26	Rp 139.200,61
6	Concrete Paver	jam	0,0074	Rp 369.258,34	Rp 2.732,51
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp 482.175,65
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp 1.593.184,16
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp 159.318,42
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp 1.752.502,58

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan **Tabel 5.24** tersebut maka harga satuan pekerjaan perkerasan jalan beton adalah sebesar Rp1,753,100.87 per m³. Selanjutnya untuk mengetahui biaya pekerjaan perkerasan jalan beton adalah dengan menghitung jumlah volume

pekerjaan tersebut. Perhitungan volume pekerjaan beton didasarkan pada gambar potongan melintang rencana yang terlampir dalam **Lampiran 1**.

Seperti yang diketahui perkerasan jalan yang direncanakan mempunyai lebar 6 m dengan panjang 1100 m dan tebal 0,2 m. Luas penampang perkerasan yang diperoleh dari aplikasi Autocad 2007 adalah sebesar 1,1805 m². Volume perkerasan beton adalah 1.100 m dikali 1,1805 m² atau sama dengan 1298,55 m³.

Berdasarkan itu maka biaya pekerjaan perkerasan jalan beton dapat diperoleh dengan mengalikan volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan. Biaya pekerjaan perkerasan jalan beton adalah sebesar Rp 2.275.712.221,63 .

Selanjutnya prosedur serupa juga diterapkan dalam menghitung pekerjaan-pekerjaan lainnya dalam spesifikasi umum pekerjaan konstruksi jalan tersebut. AHSP dan volume pekerjaan lainnya dilampirkan dalam **Lampiran 10 - Lampiran 16** dan **Lampiran 17**. Maka dapat diperoleh total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan yang ditampilkan dalam **Tabel 5.25** berikut ini

Tabel 5.25 Total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga +Harga (Rp)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f= d x e</i>
DIVISI 1. UMUM					
1,1	Mobilisasi	LS	1	Rp34.885.000,00	Rp34.885.000,00
1,2	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	LS	1	Rp3.921.364,00	Rp3.921.364,00
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 1					Rp 38.806.364,00
DIVISI 2. DRAINASE					
2,1	Pasangan Batu dan Mortar	M ³	1771,22	Rp 678.238,75	Rp1.201.310.034,12
2,2	Beton K250 (f'c 20) untuk struktur drainase beton minor	M ³	17,6	Rp 1.389.081,89	Rp 24.447.841,29
2,3	Baja Tulangan untuk sruktur drainase beton minor	Kg	2032,8	Rp 14.614,47	Rp 29.708.289,41
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 2					Rp1.255.466.164,83
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3,1	Galian	M ³	3354,56	Rp 81.789,55	Rp 274.367.937,60
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 3					Rp 274.367.937,60
DIVISI 4. PELEBARAN DAN PERKERASAN BAHU JALAN					

Lanjutan Tabel 5.25 Total kuantitas dan harga dari seluruh pekerjaan

4,1	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	M ³	810,92	Rp 567.199,46	Rp 459.953.384,92
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 4					Rp 459.953.384,92
DIVISI 5. PERKERASAN BETON					
5,1	Perkerasan Beton Semen (fc 15 Mpa)	M ³	1298,55	Rp 1.752.502,58	Rp2.275.712.221,63
5,2	Lapis Pondasi Bawah (Cement Treated Base)	M3	792,33	Rp 616.111,40	Rp 488.163.542,90
5,3	Batang Pengikat	kg	1735,8	Rp 12.837,62	Rp 22.283.541,05
5,4	Ruji	kg	8582,557	Rp 15.262,88	Rp 130.994.549,37
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 5					Rp2.917.153.854,94
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL					
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 6					Rp -
DIVISI 7. STRUKTUR					
7,1	Beton Mutu Sedang Fc 20 Mpa	M ³	4,8306	Rp 1.391.426,64	Rp 6.721.425,50
7,3	Baja Tulangan U 24 Polos	Kg	231	Rp 14.614,47	Rp 3.375.941,98
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 7					Rp 10.097.367,48
DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR					
8,4	Marka Jalan Termoplastik	M ²	241,6	Rp 214.974,71	Rp 51.937.890,55
Ls	Patok RMJ	Bh	5	Rp 250.000,00	Rp 1.250.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 8					Rp 53.187.890,55
DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN					
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 9					Rp -
DIVISI 10. PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN					
Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 10					Rp -

Sumber: Hasil analisis, 2017

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

Tabel 5.26 Rekapitulasi jumlah harga pekerjaan

No Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan	%
1	Umum	Rp38.806.364,00	0,775%
2	Drainase	Rp1.255.466.164,83	25,064%
3	Pekerjaan Tanah	Rp274.367.937,60	5,477%
4	Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	Rp459.953.384,92	9,182%
5	Perkerasan Beton Semen	Rp2.917.153.854,94	58,238%
6	Perkerasan Aspal	Rp0.00	0,000%
7	Struktur	Rp10.097.367,48	0,202%
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	Rp53.187.890,55	1,062%
9	Pekerjaan Harian	Rp0.00	0,000%
10	Pekerjaan Pemeliharaan Rutin	Rp0.00	0,000%
A. Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya umum dan Keuntungan)		Rp5.009.032.964,32	
B. Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x A		Rp500.903.296,43	
C. Jumlah Total Harga Pekerjaan = A + B		Rp5.509.936.260,75	

Sumber: Hasil analisis, 2017

Setelah mendapatkan biaya konstruksi maka perlu dihitung biaya siklus hidup perkerasan jalan selama umur rencana yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

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

Dalam menghitung siklus hidup suatu perkerasan jalan perlu terlebih dahulu direncanakan strategi perawatan dan rehabilitasi dari perkerasan tersebut. Penelitian ini menggunakan strategi desain perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku yang dirancang oleh Pennsylvania Department of Transportation (PennDOT) dengan sedikit modifikasi. Strategi desain perawatan dan rehabilitasi dari PennDOT akan ditampilkan dalam **Tabel 5.27** berikut ini.

Tabel 5.27 Strategi perawatan perkerasan kaku PennDOT

Table 2.1. PennDOT's design strategy for new, reconstructed, and unbonded overlay.

Year	Treatment
5	Clean and seal 25% of longitudinal joints. Clean and seal 5% of transverse joints. 0% for neoprene seals. Seal coat shoulders if Type 1 paved shoulders.
10	Same as year 5.
15	Clean and seal 25% of longitudinal joints. Clean and seal 10% of transverse joints, 5% for neoprene seals. Seal coat shoulders, if Type 1 paved shoulders.
20	Concrete patch 5% of pavement area Spall repair 1% of transverse joints (5 sf/joint). Slab stabilization: minimum 25% of transverse joint. Diamond grind 100% of pavement area. Clean and seal all longitudinal joints, including shoulders. Clean and seal all transverse joints, 7% for neoprene seals. Seal coat shoulders, if Type I paved shoulders. Maintenance and protection of traffic. User delay.
25	Clean and seal 25% of longitudinal joints. Clean and seal 10% of transverse joints, 10% for neoprene seals Seal coat shoulders, if Type I paved shoulders.
30	Concrete patch 2% of pavement area. Clean and seal all joints with fiber asphalt membrane. 60-#/sy leveling course. 3.5-in ID-2 or 4-in ID-3/ID-2 overlay. Saw and seal joints. Type 7 paved shoulders. Adjust all guide rail and drainage structures. Maintenance and protection of traffic. User delay.
35	Seal coat shoulders.

Note: The CPR strategy slated for year 20 can be moved to year 15 at the District's discretion. However, when doing this, the overlay at year 30 must be moved to year 25, and another overlay added at year 33.

Sumber: PennDOT, Publication 242, 2015

Modifikasi yang dilakukan adalah dengan hanya menerapkan strategi perawatan dan rehabilitasi pada tahun ke 5, 10 dan 15 yang hanya berfokus pada perawatan sambungan (*joint maintenance*). Hal ini dikarenakan perbedaan fungsi jalan yang menjadi acuan dasar strategi perawatan serta penyesuaian dengan kondisi di Indonesia. Perawatan dan rehabilitasi dilakukan tiap 5 tahun sekali selama umur rencana. Berikut **Tabel 5.28** menjelaskan strategi perawatan yang telah dimodifikasi.

Tabel 5.28 Strategi perawatan perkerasan yang direncanakan

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

Dalam perhitungan biaya perawatan yang dikhususkan kepada perawatan sambungan tersebut, maka diperlukan total panjang daripada sambungan memanjang dan melintang perkerasan tersebut.

Seperti yang diketahui total panjang jalan ruas jalan dalam penelitian ini adalah 1100 m, maka panjang sambungan memanjang adalah 1100 m. Selanjutnya -untuk panjang sambungan melintang- seperti yang diketahui bahwa jarak antar sambungan melintang yang ditentukan adalah 4 meter, sedangkan lebar jalan adalah 6 meter. Maka total panjang sambungan melintang adalah 1100 m dibagi 4 m lalu dikalikan 6 m atau sama dengan 1650 m.

Setelah memperoleh volume perawatan sambungan, maka biaya perawatan dapat dicari dengan mengalikan volume perawatan sambungan tersebut dengan biaya per meter untuk pembersihan dan penyegelan sambungan tersebut. Biaya satuannya sendiri diambil dari harga satuan bahan *Joint Sealant* yang terdapat pada **Lampiran 7** daftar harga satuan bahan. Harga satuan bahan diasumsikan

meningkat tiap tahun sehingga dapat digunakan kembali rumus *future value* yang ada sebelumnya.

Berikut disajikan dalam **Tabel 5.29** hasil perhitungan biaya perawatan sambungan perkerasan selama umur rencana.

Tabel 5.29 Rekapitulasi biaya perawatan selama umur rencana

#	Tahun	Keterangan	Unit	Panjang/Jumlah
Perawatan Sambungan #1	5	Sambungan Memanjang	m	275
		Sambungan Melintang	buah	14
		Panjang Sambungan Melintang	m	6
		Total Panjang Perawatan	m	357,5
		Harga Satuan Biaya Perawatan	m	Rp51.273,79
		Biaya Perawatan #1		Rp18.330.380,58
Perawatan Sambungan #2	10	Sambungan Memanjang	m	275
		Sambungan Melintang	buah	14
		Panjang Sambungan Melintang	m	6
		Total Panjang Perawatan	m	357,5
		Harga Satuan Biaya Perawatan	m	Rp68.615,90
		Biaya Perawatan #2		Rp24.530.184,14
Perawatan Sambungan #3	15	Sambungan Memanjang	m	275
		Sambungan Melintang	buah	28
		Panjang Sambungan Melintang	m	6
		Total Panjang Perawatan	m	440
		Harga Satuan Biaya Perawatan	m	Rp91.823,55
		Biaya Perawatan #3		Rp40.402.362,88
Perawatan Sambungan #4	20	Sambungan Memanjang	m	550
		Sambungan Melintang	buah	138
		Panjang Sambungan Melintang	m	6
		Total Panjang Perawatan	m	1375
		Harga Satuan Biaya Perawatan	m	Rp122.880,63
		Biaya Perawatan #4		Rp168.960.860,62

Lanjutan Tabel 5.29 Rekapitulasi biaya perawatan selama umur rencana

Perawatan Sambungan #5	25	Sambungan Memanjang	m	275
		Sambungan Melintang	buah	14
		Panjang Sambungan Melintang	m	6
		Total Panjang Perawatan	m	357,5
		Harga Satuan Biaya Perawatan	m	Rp164.442,00
		Biaya Perawatan #5		Rp58.788.013,78
Perawatan Sambungan #6	30	Sambungan Memanjang	m	275
		Sambungan Melintang	buah	27,5
		Panjang Sambungan Melintang	m	6
		Total Panjang Perawatan	m	440
		Harga Satuan Biaya Perawatan	m	Rp220.060,49
		Biaya Perawatan #6		Rp96.826.613,78
Perawatan Sambungan #7	35	Sambungan Memanjang	m	275
		Sambungan Melintang	buah	28
		Panjang Sambungan Melintang	m	6
		Total Panjang Perawatan	m	440
		Harga Satuan Biaya Perawatan	m	Rp294.490,57
		Biaya Perawatan #7		Rp129.575.851,15
Perawatan Sambungan #8	40	Sambungan Memanjang	m	1100
		Sambungan Melintang	buah	275
		Panjang Sambungan Melintang	m	6
		Total Panjang Perawatan	m	2750
		Harga Satuan Biaya Perawatan	m	Rp394.094,81
		Biaya Perawatan #8		Rp1.083.760.739,02

Sumber: Hasil analisis, 2017

Dari **Tabel 5.29** tersebut nilai *future value* dari perawatan sambungan yang selanjutnya harus di konversikan ke nilai sekarang (*present value*) atau nilai pada tahun ke-0. Untuk mencari nilai sekarang dari suatu nilai masa depan, maka digunakan **Persamaan 5.2** berikut.

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

dengan:

PV = Present Value (dalam Rp.)

FV = Future Value (dalam Rp.)

i = Diskonto (%)

n = tahun ke-n

Serupa dengan rumus mencari *future value*, dalam rumus *present value* ada unsur bunga diskonto (i). Namun, dalam hal mencari nilai sekarang bunga diskonto yang dipakai bukanlah suku bunga inflasi melainkan suku bunga acuan terkini yang ditetapkan oleh otoritas perbankan Indonesia yakni Bank Indonesia. Data pada **Lampiran 5** yang diperoleh dari situs resmi Bank Indonesia menunjukkan nilai BI 7-Day Repo Rate per bulan mulai dari bulan April 2016 sampai September 2017. Nilai rata-rata data tersebut adalah sebesar 4,8%. Seperti yang diketahui tahun ke-0 dalam penelitian ini adalah tahun 2018, maka diasumsikan BI Rate pada tahun tersebut adalah 5%.

Selanjutnya maka dapat diperoleh nilai sekarang dari nilai masa depan yang sudah dihitung yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.30** berikut ini

Tabel 5.30 Biaya konstruksi dan biaya perawatan selama umur rencana

Tahun		Biaya Konstruksi Awal	Biaya Perawatan	
			<i>Future Value</i>	<i>Present Value</i>
0	2018	Rp5.509.936.260,75		
1	2019			
2	2020			
3	2021			
4	2022			
5	2023		Rp18.330.380,58	Rp14.362.332,83
6	2024			
7	2025			
8	2026			
9	2027			
10	2028		Rp24.530.184,14	Rp15.059.405,15
11	2029			
12	2030			

Lanjutan Tabel 5.30 Biaya konstruksi dan biaya perawatan selama umur rencana

13	2031			
14	2032			
15	2033		Rp40.402.362,88	Rp19.434.227,35
16	2034			
17	2035			
18	2036			
19	2037			
20	2038		Rp168.960.860,62	Rp63.679.571,38
21	2039			
22	2040			
23	2041			
24	2042			
25	2043		Rp58.788.013,78	Rp17.360.263,41
26	2044			
27	2045			
28	2046			
29	2047			
30	2048		Rp96.826.613,78	Rp22.403.494,86
31	2049			
32	2050			
33	2051			
34	2052			
35	2053		Rp129.575.851,15	Rp23.490.843,03
36	2054			
37	2055			
38	2056			
39	2057			
40	2058		Rp1.083.760.739,02	Rp153.943.533,62
	Total	Rp5.509.936.260,75		Rp329.733.671,63

Sumber: Hasil analisis, 2017

Hasil perhitungan nilai sekarang dari perawatan tersebut ditambah dengan nilai konstruksi awal dari perkerasan merupakan biaya siklus hidup perkerasan kaku ruas Balong-Plosokerep.

Maka selanjutnya diperoleh biaya siklus hidup perkerasan sebesar Rp5.839.669.932,39. Total biaya sekarang perkerasan selama umur rencana ini

nanti akan di masukkan dalam rumus analisis manfaat-biaya (B/C) yang dimana untuk *benefit* dari perkerasan tersebut akan dijelaskan dalam subbab selanjutnya.

5.4 ANALISIS MANFAAT

Manfaat yang akan dianalisis disini adalah penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) tidak tetap (*running cost*). analisis manfaat perkerasan akan memperbandingkan Biaya Operasional Kendaraan antara perkerasan jalan eksisting (*without project*) dengan perkerasan jalan baru (*with project*).

5.4.1 Perhitungan BOK *Without Project*

Dalam perhitungan BOK dibutuhkan harga-harga unit seperti yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.31** berikut.

Tabel 5.31 Daftar item dan harga unit-unik BOK yang digunakan

No	Item Biaya	Harga Ekonomi	Satuan
1	Bensin	Rp7.500	Rp/liter
2	Solar	Rp5.150	Rp/liter
3	Oli		
	Sedan	Rp100.000	Rp/liter
	Utiliti	Rp60.000	Rp/liter
	Bus Kecil	Rp60.000	Rp/liter
	Bus Besar	Rp60.000	Rp/liter
	Truk Ringan	Rp60.000	Rp/liter
	Truk Sedang	Rp60.000	Rp/liter
	Truk Berat	Rp60.000	Rp/liter
4	Kendaraan Baru		
	Sedan	Rp190.292.000	Rp/kendaraan
	Utiliti	Rp112.936.000	Rp/kendaraan
	Bus Kecil	Rp258.822.624	Rp/kendaraan
	Bus Besar	Rp442.122.624	Rp/kendaraan
	Truk Ringan	Rp219.148.416	Rp/kendaraan
	Truk Sedang	Rp506.122.624	Rp/kendaraan
	Truk Berat	Rp601.871.040	Rp/kendaraan
5	Upah Tenaga Pemeliharaan	Rp7.813	Rp/jam
6	Ban Baru		
	Sedan	Rp452.000	Rp/ban baru

Lanjutan Tabel 5.31 Daftar item dan harga unit-unik BOK yang digunakan

Utiliti	Rp566.000	Rp/ban baru
Bus Kecil	Rp1.312.896	Rp/ban baru
Bus Besar	Rp1.312.896	Rp/ban baru
Truk Ringan	Rp1.312.896	Rp/ban baru
Truk Sedang	Rp1.969.344	Rp/ban baru
Truk Berat	Rp3.282.240	Rp/ban baru

Sumber: Data sekunder, 2017

A. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Beberapa input 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 kecepatan rata-rata lalu lintas perkerasan eksisting, karena perkerasan eksisting mengalami kerusakan yang cukup parah, maka kecepatan rata-rata lalu lintas diasumsikan 10 km/jam untuk mobil penumpang, sedangkan truk dan bis diasumsikan 5 km/jam.

Sementara untuk percepatan rata-rata dihitung menggunakan **Persamaan 3.8**. Volume lalu lintas dan kapasitas jalan pada perkerasan eksisting ini diasumsikan sama seperti pada ruas Suruh-Singlar yakni sebesar 106 kendaraan/jam dan 1575,28 kendaraan/jam. **Tabel 5.32** berikut ditampilkan perhitungan percepatan rata-rata.

Tabel 5.32 Perhitungan percepatan rata-rata

Volume Lalu Lintas	Kapasitas Jalan	A_R
a	b	$c = 0,012 \times a/b$
106	1575,28	0,000861

Sumber: Hasil analisis, 2017

Maka berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh percepatan rata-rata sebesar 0,000861.

Sedangkan untuk perhitungan simpangan baku percepatan digunakan **Persamaan 3.9**. **Tabel 5.33** berikut ditampilkan perhitungan simpangan baku.

Tabel 5.33 Perhitungan simpangan baku percepatan

SA max	a0	a1	v	c	SA
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = a (1,04/1 + \exp^{(b+c)x d/e})$
0,75	5,140	-8,260	106	1575,28	0,430

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan **Persamaan 3.9** tersebut maka diperoleh SA sebesar 0,430.

Selanjutnya perhitungan tanjakan dan turunan ditentukan melalui **Tabel 3.9** tentang alinemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai median jalan. Kondisi medan jalan dalam penelitian ini terletak di daerah Kecamatan Cangkringan yang memiliki kontur bukit, **Tabel 5.34** berikut ditampilkan Nilai tanjakan rata-rata dan turunan rata-rata yang digunakan.

Tabel 5.34 Nilai tanjakan rata-rata dan turunan rata-rata yang digunakan

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

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

Sementara itu berat kendaraan total yang digunakan merupakan nilai maksimum pada **Tabel 3.10**. **Tabel 5.35** berikut ditampilkan berat kendaraan total yang digunakan.

Tabel 5.35 Berat kendaraan total yang digunakan

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

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

Selanjutnya dapat dihitung biaya konsumsi bahan bakar minyak menggunakan **Persamaan 3.10**

Berdasarkan **Persamaan 3.10**, $KBBM_i$ perlu dicari terlebih dahulu. Untuk mencari $KBBM_i$ digunakan **Persamaan 3.11**

Nilai konstanta dan koefisien parameter dalam **Persamaan 3.11** tersebut ditentukan dalam **Tabel 3.11** tentang nilai konstanta dan koefisien-koefisien parameter model konsumsi BBM.

Berdasarkan **Persamaan 3.11** dan **Persamaan 3.10** hasil $KBBM_i$ dan B_iBBM_j ditampilkan dalam **Tabel 5.36** berikut ini.

Tabel 5.36 Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (B_iBBM_j) perkerasan eksisting

Jenis Kendaraan	$KBBM_i$ (liter/km)	$HBBM_j$ (Rp/liter)	B_iBBM_j (Rp/Km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c$
Sedan	0,166	7500,000	1243,183
Utiliti	0,182	7500,000	1361,633
Bus Kecil	0,329	5150,000	1696,187
Bus Besar	0,574	5150,000	2956,015
Truk Ringan	0,314	5150,000	1618,226
Truk Sedang	0,244	5150,000	1256,693
Truk Berat	1,166	5150,000	6004,812

Sumber: Hasil analisis, 2017

B. Biaya Konsumsi Oli

Biaya konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dapat dihitung dengan **Persamaan 3.12**. Sementara KO_i dicari dengan menggunakan **Persamaan 3.13**. Selanjutnya OHK_i sendiri diperoleh dari **Persamaan 3.14**. **Tabel 5.38** berikut ditampilkan perhitungan OHK_i .

Nilai OHO_i , KPO_i dan JPO_i diperoleh dari **Tabel 3.12** tentang nilai tipikal JPO_i , KPO_i , dan OHO_i . Hasil perhitungan biaya konsumsi oli akan ditampilkan dalam **Tabel 5.37** berikut ini.

Tabel 5.37 Rekapitulasi biaya konsumsi oli (BO_i) perkerasan eksisting

Jenis Kendaraan	JPO_i	$KAPO_i$	OHO_i	OHK_i	$KBBM_i$ (liter/km)	KO_i (liter/km)	HO_j (Rp/liter)	BO_i (Rp/km)
a	b	c	d	$e = c/b$	f	$g = (d+e) \times f$	h	$i = g \times h$
Sedan	2000	3,5	0,0000028	0,00175	0,166	0,001750464	100000	175,046
Utiliti	2000	3,5	0,0000028	0,00175	0,182	0,001750508	60000	105,030
Bus Kecil	2000	6	0,0000028	0,003	0,329	0,003000922	60000	180,055
Bus Besar	2000	12	0,0000028	0,006	0,574	0,006001607	60000	360,096
Truk Ringan	2000	6	0,0000028	0,003	0,314	0,00300088	60000	180,052
Truk Sedang	2000	12	0,0000028	0,006	0,244	0,006000683	60000	360,040
Truk Berat	2000	24	0,0000028	0,012	1,166	0,012003265	60000	720,195

Sumber: Hasil analisis, 2017

C. Biaya Konsumsi Suku Cadang

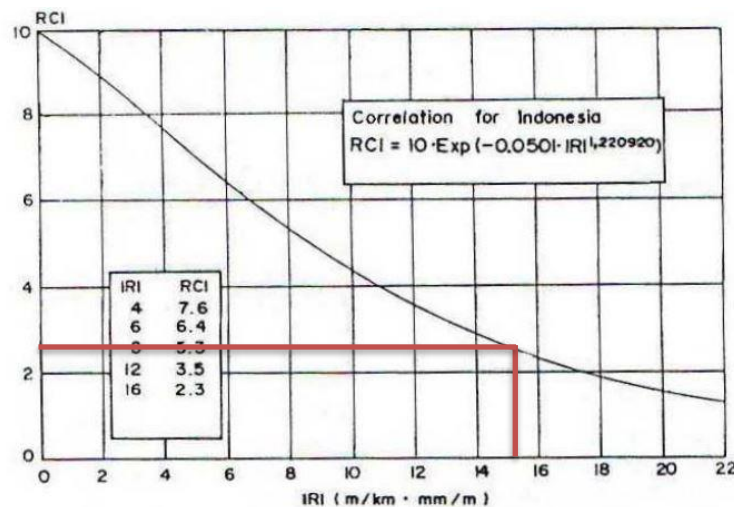
Beberapa input yang perlu diperhatikan untuk mencari biaya konsumsi suku cadang adalah kekasaran permukaan jalan dan harga kendaraan baru. Untuk kekasaran permukaan jalan sendiri, dikarenakan kondisi perkerasan eksisting ada pada kondisi rusak, maka nilai kekasaran permukaan yang digunakan adalah berdasarkan **Tabel 3.13** tentang kondisi permukaan secara visual dan nilai RCI. **Tabel 5.38** berikut ditampilkan nilai RCI permukaan jalan yang digunakan.

Tabel 5.38 Nilai RCI permukaan jalan yang digunakan

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

Sumber: Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, 1992

Berdasarkan **Tabel 5.38** tersebut maka dipilih RCI sebesar 2,5 dimana kondisi permukaan jalan rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur. Nilai RCI tersebut kemudian dikonversikan kedalam nilai IRI menggunakan grafik pada **Gambar 3.6**. **Gambar 5.7** berikut ditampilkan penentuan nilai IRI.



Gambar 5.7 Penentuan Nilai IRI berdasarkan nilai RCI

Berdasarkan grafik tersebut maka nilai IRI yang diperoleh adalah sebesar 15,15. Selanjutnya input yang lain adalah harga kendaraan baru. Harga kendaraan baru diperoleh melalui survei internet. Harga kendaraan baru yang dipakai adalah harga kendaraan baru tersebut dikurangi dengan nilai ban yang digunakan.

Biaya konsumsi suku cadang dapat diperoleh dengan **Persamaan 3.15**. Sedangkan P_i yang menjadi unsur **Persamaan 3.15** dapat dicari dari **Persamaan 3.16**. Seperti yang dijelaskan sebelumnya nilai IRI adalah sebesar 15,15. Untuk KJT_i digunakan asumsi semua jenis kendaraan memiliki jarak tempuh 5000 km untuk satu kali perawatan. Sedangkan untuk nilai ϕ serta γ_1 & γ_2 diperoleh dari **Tabel 3.14**. **Tabel 5.39** berikut ditampilkan perhitungan nilai P_i .

Tabel 5.39 Perhitungan nilai P_i .

Jenis Kendaraan	ϕ	γ_1	γ_2	IRI	KJT	P_i
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	$g = (b + c \cdot x \cdot e) (f/100000)^d$
Sedan	-0,69	0,42	0,1	15,15	5000	4,204
Utiliti	-0,69	0,42	0,1	15,15	5000	4,204
Bus Kecil	-0,73	0,43	0,1	15,15	5000	4,287
Bus Besar	-0,15	0,13	0,1	15,15	5000	1,348
Truk Ringan	-0,64	0,27	0,2	15,15	5000	1,895
Truk Sedang	-1,26	0,46	0,1	15,15	5000	4,231
Truk Berat	-0,86	0,32	0,4	15,15	5000	1,203

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan itu maka kemudian dapat dihitung biaya konsumsi suku cadang. **Tabel 5.40** berikut menampilkan hasil perhitungan biaya konsumsi suku cadang sesuai jenis kendaraan.

Tabel 5.40 Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BP_i) perkerasan eksisting

Jenis Kendaraan	P_i	HKB $_i$ (Rp)	BP $_i$ (Rp/km)
a	b	c	$d = b \times c / 1000000$
Sedan	4,204	Rp190.292.000	800,074
Utiliti	4,204	Rp112.936.000	474,834
Bus Kecil	4,287	Rp258.822.624	1109,596
Bus Besar	1,348	Rp442.122.624	596,200
Truk Ringan	1,895	Rp219.148.416	415,350
Truk Sedang	4,231	Rp506.122.624	2141,474
Truk Berat	1,203	Rp601.871.040	724,180

Sumber: Hasil analisis, 2017

D. Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Biaya upah perbaikan kendaraan dapat dihitung dengan **Persamaan 3.17**. Sedangkan untuk menghitung JP $_i$ yang menjadi unsur **Persamaan 3.17** digunakan **Persamaan 3.18**.

Nilai a_0 dan a_1 yang mejadi unsur dari **Persamaan 3.18** diperoleh dari **Tabel 3.15**. **Tabel 5.41** berikut ditampilkan perhitungan nilai JP $_i$.

Tabel 5.41 Perhitungan nilai JP $_i$

Jenis Kendaraan	P_i	a_0	a_1	JP $_i$ (jam/1000km)
a	b	c	d	$e = c \times b^d$
Sedan	4,204	77,14	0,547	169,219
Utiliti	4,204	77,14	0,547	169,219
Bus Kecil	4,287	242,03	0,519	515,183
Bus Besar	1,348	293,44	0,517	342,493
Truk Ringan	1,895	242,03	0,519	337,274
Truk Sedang	4,231	242,03	0,517	510,208
Truk Berat	1,203	301,46	0,519	331,839

Sumber: Hasil analisis, 2017

Sedangkan UTP diperoleh dari upah montir perbulan sebesar gaji Upah Minimum Regional DIY sebesar Rp.1.500.000 dibagi dengan jumlah jam bekerja selama satu bulan. Jumlah jam kerja selama 1 hari montir diasumsikan 8 jam. Montir bekerja 6 hari dalam satu minggu. Maka total jam kerja dalam sebulan adalah 192 jam. Maka upah montir per jam adalah Rp. 1.500.000 dibagi dengan 192 jam. Diperoleh UTP sebesar Rp. 7812,5. Berdasarkan itu maka biaya upah perbaikan kendaraan dapat diketahui. **Tabel 5.42** berikut ini akan menampilkan rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan per setiap jenis kendaran.

Tabel 5.42 Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) perkerasan eksisting.

Jenis Kendaraan	JP_i (jam/1000km)	UTP (Rp/jam)	BU_i (Rp/km)
Sedan	169,219	7812,5	1322,023
Utiliti	169,219	7812,5	1322,023
Bus Kecil	515,183	7812,5	4024,869
Bus Besar	342,493	7812,5	2675,724
Truk Ringan	337,274	7812,5	2634,954
Truk Sedang	510,208	7812,5	3986,002
Truk Berat	331,839	7812,5	2592,494

Sumber: Hasil analisis, 2017

E. Biaya Konsumsi Ban

Beberapa input yang perlu diketahui sebelum menghitung biaya konsumsi ban adalah nilai tanjakan & turunan (TT_R) dan derajat tikungan (DT_R). Nilai TT_R diperoleh dari **Tabel 3.16**, sedangkan nilai DT_R diperoleh dari **Tabel 3.17**. **Tabel 5.43** berikut merangkum nilai TT_R dan DT_R yang digunakan.

Tabel 5.43 Nilai TT_R dan DT_R yang digunakan.

Kondisi Medan	TT_R (m/km)	DT_R (°/km)
Bukit	25	115

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

Berdasarkan tabel tersebut maka nilai TT_R adalah 25. Sedangkan untuk DT_R digunakan nilai sebesar 115 %/km.

Biaya konsumsi ban sendiri diperoleh dari **Persamaan 3.19**. Sedangkan KB_i yang menjadi unsur **Persamaan 3.19** dicari dengan **Persamaan 3.20**

Nilai konstanta dan koefisien parameter yang menjadi unsur **Persamaan 3.20** dapat diperoleh dari **Tabel 3.18**. **Tabel 5.43** berikut ditampilkan perhitungan KB_i . **Tabel 5.44** berikut ditampilkan perhitungan KB_i .

Tabel 5.44 Perhitungan KB_i

χ	δ_1	δ_2	δ_3	IRI	TT_R (m/km)	DT_R (%/km)	KB_i (EBB/1000km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	$h = a + (b \times e) + (c \times f) + (d \times g)$
-0,01471	0,01489	-	-	15,15	25	115	0,21087
0,01905	0,01489	-	-	15,15	25	115	0,24463
0,024	0,025	0,0035	0,00067	15,15	25	115	0,5673
0,10153	-	0,000963	0,000244	15,15	25	115	0,15367
0,024	0,025	0,0035	0,00067	15,15	25	115	0,5673
0,095835	-	0,001738	0,000184	15,15	25	115	0,16045
0,15835	-	0,00256	0,00028	15,15	25	115	0,25455

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan itu tersebut maka biaya konsumsi ban dapat diperoleh. **Tabel 5.45** berikut ini menampilkan rekapitulasi biaya konsumsi ban per jenis kendaraan.

Tabel 5.45 Rekapitulasi biaya konsumsi ban (BB_i) perkerasan eksisting

Jenis Kendaraan	KB_i (EBB/1000km)	HB_j (Rp)	BB_i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c$
Sedan	0,211	Rp1.808.000	95,315
Utiliti	0,245	Rp2.264.000	138,463
Bus Kecil	0,567	Rp7.877.376	744,806
Bus Besar	0,154	Rp7.877.376	201,746
Truk Ringan	0,567	Rp5.251.584	744,806
Truk Sedang	0,160	Rp7.877.376	315,971
Truk Berat	0,255	Rp13.128.960	835,494

Sumber: Hasil analisis, 2017

Setelah diperoleh semua biaya dalam unsur BOK tidak tetap tersebut, maka nilai BTT dapat dicari dengan **Persamaan 3.21**. **Tabel 5.46** berikut ini menampilkan rekapitulasi BTT *without project*.

Tabel 5.46 Rekapitulasi BOK Tidak Tetap *Without Project*

Jenis Kendaraan	Komponen BOK Tidak Tetap (Rp/km)					BOK Tidak Tetap (Rp/km)
	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah	Ban	
a	b	c	d	e	f	$g = b+c+d+e+f$
Sedan	1243,183	175,046	800,074	1322,023	95,315	3635,641
Utiliti	1361,633	105,031	474,834	1322,023	138,463	3401,983
Bus Kecil	1696,187	180,055	1109,596	4024,869	744,806	7755,513
Bus Besar	2956,015	360,096	596,200	2675,724	201,746	6789,781
Truk Ringan	1618,226	180,053	415,350	2634,954	744,806	5593,390
Truk Sedang	1256,693	360,041	2141,474	3986,002	315,971	8060,182
Truk Berat	6004,812	720,196	724,180	2592,494	835,494	10877,176

Sumber: Hasil analisis, 2017

Setelah BOK tidak tetap *without project* diperoleh, maka selanjutnya perlu dicari BOK tidak tetap *with project*.

5.4.2 Perhitungan BOK *With Project*

Perhitungan BOK untuk perkerasan baru sama seperti perhitungan BOK yang telah dilakukan pada perkerasan eksisting. Input yang berbeda hanya dalam kecepatan rencana dan nilai IRI. Seperti yang diketahui perkerasan baru akan memberikan kenyamanan dalam berkendara. Maka dari itu untuk kecepatan rencana yang digunakan untuk mobil penumpang diasumsikan 50 km/jam sedangkan untuk kendaraan berat 30 km/jam.

Untuk nilai IRI sendiri, karena perkerasan baru dan secara fisik dapat dinilai baik dalam kategori RCI, maka nilai RCI yang digunakan adalah 6. Nilai RCI tersebut jika dikonversikan ke nilai IRI menjadi sebesar 6,7. Maka selanjutnya dapat dicari biaya operasional kendaraan sebagaimana pada perhitungan sebelumnya.

A. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya konsumsi bahan bakar yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.47** berikut ini.

Tabel 5.47 Rekapitulasi biaya konsumsi bahan bakar (B_iBBM_j) perkerasan baru

Jenis Kendaraan	$KBBM_i$ (liter/km)	$HBBM_j$ (Rp/liter)	B_iBBM_j (Rp/Km)
a	b	c	$d= b \times c$
Sedan	0,080	7500	601,063
Utiliti	0,095	7500	713,753
Bus Kecil	0,161	5150	829,656
Bus Besar	0,263	5150	1356,167
Truk Ringan	0,229	5150	1176,957
Truk Sedang	0,256	5150	1317,528
Truk Berat	0,545	5150	2805,975

Sumber: Hasil analisis, 2017

B. Biaya Konsumsi Oli

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya konsumsi oli yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.48** berikut ini.

Tabel 5.48 Rekapitulasi biaya konsumsi oli (BO_i) perkerasan baru

Jenis Kendaraan	KO_i (liter/km)	HO_j (Rp/liter)	BO_i (Rp/km)
a	b	c	$d= b \times c$
Sedan	0,002	100000	175,0224
Utiliti	0,002	60000	105,0160
Bus Kecil	0,003	60000	180,0271
Bus Besar	0,006	60000	360,0442
Truk Ringan	0,003	60000	180,0384
Truk Sedang	0,006	60000	360,0430
Truk Berat	0,012	60000	720,0915

Sumber: Hasil analisis, 2017

C. Biaya Konsumsi Suku Cadang

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya konsumsi suku cadang yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.49** berikut ini.

Tabel 5.49 Rekapitulasi biaya konsumsi suku cadang (BP_i) perkerasan baru

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	1,574	Rp 190.292.000	299,552
Utiliti	1,574	Rp 112.936.000	177,780
Bus Kecil	1,594	Rp 258.822.624	412,610
Bus Besar	0,534	Rp 442.122.624	236,252
Truk Ringan	0,642	Rp 219.148.416	140,717
Truk Sedang	1,350	Rp 506.122.624	683,441
Truk Berat	0,387	Rp. 601.871.040	233,161

Sumber: Hasil analisis, 2017

D. Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya upah perbaikan kendaraan yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.50** berikut ini.

Tabel 5.50 Rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan (BU_i) perkerasan baru

Jenis Kendaraan	JP _i (jam/1000km)	UTP (Rp/jam)	BU _i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000$
Sedan	98,871	7812,5	772,426
Utiliti	98,871	7812,5	772,426
Bus Kecil	308,309	7812,5	2408,664
Bus Besar	212,231	7812,5	1658,054
Truk Ringan	192,317	7812,5	1502,478
Truk Sedang	282,689	7812,5	2208,511
Truk Berat	184,281	7812,5	1439,697

Sumber: Hasil analisis, 2017

E. Biaya Konsumsi Ban

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya konsumsi kendaraan yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.51** berikut ini.

Tabel 5.51 Rekapitulasi biaya konsumsi ban (BB_i) perkerasan baru

Jenis Kendaraan	KB_i (EBB/1000km)	HB_j (Rp)	BB_i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000$
Sedan	0,085	Rp1.808.000	38,444
Utiliti	0,119	Rp2.264.000	67,248
Bus Kecil	0,356	Rp7.877.376	467,457
Bus Besar	0,154	Rp7.877.376	201,746
Truk Ringan	0,356	Rp5.251.584	467,457
Truk Sedang	0,160	Rp7.877.376	315,971
Truk Berat	0,255	Rp13.128.960	835,494

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan perhitungan biaya-biaya tersebut maka dapat dicari BOK tidak tetap dari perkerasan baru tersebut. Berikut dalam **Tabel 5.52** akan ditampilkan BOK tidak tetap untuk perkerasan baru.

Tabel 5.52 Rekapitulasi BTT *With Project*

Jenis Kendaraan	Komponen BOK Tidak Tetap (Rp/km)					BOK Tidak Tetap (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	601,063	175,022	299,552	772,426	38,444	1886,507
Utiliti	713,753	105,016	177,780	772,426	67,248	1836,224
Bus Kecil	829,656	180,027	412,610	2408,664	467,457	4298,414
Bus Besar	1356,167	360,044	236,252	1658,054	201,746	3812,263
Truk Ringan	1176,957	180,038	140,717	1502,478	467,457	3467,647
Truk Sedang	1317,528	360,043	683,441	2208,511	315,971	4885,494
Truk Berat	2805,975	720,092	233,161	1439,697	835,494	6034,419

Sumber: Hasil analisis, 2017

5.4.3 Biaya Penghematan BOK

Berdasarkan perhitungan antara BOK *without project* dan BOK *with project* maka akan diperoleh penghematan BOK seperti yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.53** berikut ini.

Tabel 5.53 Perbandingan BOK *Without Project* dan *With Project* per km

Jenis Kendaraan	BOK Tidak Tetap Without Project (Rp/km)	BOK Tidak Tetap With Project (Rp/km)	Penghematan BOK (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b - c$
Sedan	3635,641	1886,5070	1749,1340
Utiliti	3401,983	1836,2238	1565,7597
Bus Kecil	7755,513	4298,4136	3457,0998
Bus Besar	6789,781	3812,2630	2977,5179
Truk Ringan	5593,390	3467,6470	2125,7425
Truk Sedang	8060,182	4885,4937	3174,6879
Truk Berat	10877,176	6034,4191	4842,7570

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan **Tabel 5.53** tersebut maka bisa dipastikan bahwa dengan adanya pembangunan perkerasan baru akan menghemat biaya operasi kendaraan bagi para pengemudi kendaraan. Selanjutnya nilai penghematan BOK tersebut akan di input ke dalam data lalu lintas yang terjadi yang diasumsikan sama seperti ruas Suruh-Singlar dan telah digunakan dalam perhitungan menentukan tebal perkerasan beton pada Subab analisis tebal perkerasan diatas. Selanjutnya maka dapat diperoleh total nilai penghematan Biaya Operasional Kendaraan tidak tetap yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.54** berikut

Tabel 5.54 Total penghematan BOK tidak tetap selama umur rencana

n	Tahun	LHRT Golongan Kendaraan (kend/tahun)				Penghematan BOK (RP/kendaraan)				Penghematan BOK (RP)				Total Penghematan $n = j+k+l+m$	(P/F, 5%, n)
		Sedan (mobil penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truck Berat	Sedan (mobil penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truck Berat	Sedan (mobil penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truck Berat		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	$j = b x f$	$k = c x g$	$l = d x h$		
0	2018	3351	11170	16755	21596	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp6.447.538	Rp19.238.653	Rp39.178.830	Rp115.040.026	Rp179.905.047	Rp179.905.047
1	2019	3385	11282	16923	21811	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp6.512.013	Rp19.431.040	Rp39.570.618	Rp116.190.427	Rp181.704.098	Rp173.051.522
2	2020	3418	11395	17092	22030	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp6.577.133	Rp19.625.350	Rp39.966.324	Rp117.352.331	Rp183.521.139	Rp166.459.083
3	2021	3453	11509	17263	22250	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp6.642.905	Rp19.821.603	Rp40.365.988	Rp118.525.854	Rp185.356.350	Rp160.117.784
4	2022	3487	11624	17435	22472	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp6.709.334	Rp20.019.820	Rp40.769.648	Rp119.711.113	Rp187.209.913	Rp154.018.059
5	2023	3522	11740	17610	22697	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp6.776.427	Rp20.220.018	Rp41.177.344	Rp120.908.224	Rp189.082.013	Rp148.150.704
6	2024	3557	11857	17786	22924	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp6.844.191	Rp20.422.218	Rp41.589.117	Rp122.117.306	Rp190.972.833	Rp142.506.868
7	2025	3593	11976	17964	23153	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp6.912.633	Rp20.626.440	Rp42.005.009	Rp123.338.479	Rp192.882.561	Rp137.078.035
8	2026	3629	12096	18143	23385	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp6.981.760	Rp20.832.704	Rp42.425.059	Rp124.571.864	Rp194.811.387	Rp131.856.015
9	2027	3665	12217	18325	23619	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.051.577	Rp21.041.032	Rp42.849.309	Rp125.817.583	Rp196.759.501	Rp126.832.928
10	2028	3702	12339	18508	23855	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.122.093	Rp21.251.442	Rp43.277.802	Rp127.075.758	Rp198.727.096	Rp122.001.198
11	2029	3739	12462	18693	24093	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.193.314	Rp21.463.956	Rp43.710.580	Rp128.346.516	Rp200.714.367	Rp117.353.533
12	2030	3776	12587	18880	24334	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.265.247	Rp21.678.596	Rp44.147.686	Rp129.629.981	Rp202.721.510	Rp112.882.922
13	2031	3814	12713	19069	24578	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.337.899	Rp21.895.382	Rp44.589.163	Rp130.926.281	Rp204.748.725	Rp108.582.621
14	2032	3852	12840	19260	24823	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.411.278	Rp22.114.336	Rp45.035.055	Rp132.235.544	Rp206.796.213	Rp104.446.140
15	2033	3890	12968	19452	25072	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.485.391	Rp22.335.479	Rp45.485.405	Rp133.557.899	Rp208.864.175	Rp100.467.239
16	2034	3929	13098	19647	25322	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.560.245	Rp22.558.834	Rp45.940.259	Rp134.893.478	Rp210.952.816	Rp96.639.916
17	2035	3969	13229	19843	25576	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.635.848	Rp22.784.422	Rp46.399.662	Rp136.242.413	Rp213.062.345	Rp92.958.395
18	2036	4008	13361	20042	25831	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.712.206	Rp23.012.266	Rp46.863.659	Rp137.604.837	Rp215.192.968	Rp89.417.123
19	2037	4048	13495	20242	26090	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.789.328	Rp23.242.389	Rp47.332.295	Rp138.980.885	Rp217.344.898	Rp86.010.756

Lanjutan Tabel 5.54 Total penghematan BOK tidak tetap selama umur rencana

20	2038	4089	13630	20444	26351	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.867.221	Rp23.474.813	Rp47.805.618	Rp140.370.694	Rp219.518.347	Rp82.734.156	
21	2039	4130	13766	20649	26614	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp7.945.894	Rp23.709.561	Rp48.283.674	Rp141.774.401	Rp221.713.530	Rp79.582.379	
22	2040	4171	13904	20855	26880	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.025.353	Rp23.946.657	Rp48.766.511	Rp143.192.145	Rp223.930.665	Rp76.550.669	
23	2041	4213	14043	21064	27149	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.105.606	Rp24.186.123	Rp49.254.176	Rp144.624.067	Rp226.169.972	Rp73.634.453	
24	2042	4255	14183	21275	27421	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.186.662	Rp24.427.984	Rp49.746.718	Rp146.070.307	Rp228.431.672	Rp70.829.331	
25	2043	4297	14325	21487	27695	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.268.529	Rp24.672.264	Rp50.244.185	Rp147.531.010	Rp230.715.989	Rp68.131.071	
26	2044	4340	14468	21702	27972	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.351.214	Rp24.918.987	Rp50.746.627	Rp149.006.321	Rp233.023.148	Rp65.535.602	
27	2045	4384	14613	21919	28251	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.434.726	Rp25.168.177	Rp51.254.093	Rp150.496.384	Rp235.353.380	Rp63.039.007	
28	2046	4428	14759	22138	28534	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.519.073	Rp25.419.859	Rp51.766.634	Rp152.001.348	Rp237.706.914	Rp60.637.521	
29	2047	4472	14907	22360	28819	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.604.264	Rp25.674.057	Rp52.284.300	Rp153.521.361	Rp240.083.983	Rp58.327.520	
30	2048	4517	15056	22583	29107	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.690.307	Rp25.930.798	Rp52.807.143	Rp155.056.575	Rp242.484.823	Rp56.105.520	
31	2049	4562	15206	22809	29399	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.777.210	Rp26.190.106	Rp53.335.215	Rp156.607.140	Rp244.909.671	Rp53.968.166	
32	2050	4607	15358	23037	29693	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.864.982	Rp26.452.007	Rp53.868.567	Rp158.173.212	Rp247.358.768	Rp51.912.236	
33	2051	4654	15512	23268	29989	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp8.953.632	Rp26.716.527	Rp54.407.253	Rp159.754.944	Rp249.832.355	Rp49.934.627	
34	2052	4700	15667	23500	30289	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp9.043.168	Rp26.983.692	Rp54.951.325	Rp161.352.493	Rp252.330.679	Rp48.032.356	
35	2053	4747	15824	23735	30592	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp9.133.600	Rp27.253.529	Rp55.500.838	Rp162.966.018	Rp254.853.986	Rp46.202.552	
36	2054	4795	15982	23973	30898	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp9.224.936	Rp27.526.064	Rp56.055.847	Rp164.595.679	Rp257.402.525	Rp44.442.455	
37	2055	4842	16142	24212	31207	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp9.317.185	Rp27.801.325	Rp56.616.405	Rp166.241.635	Rp259.976.551	Rp42.749.409	
38	2056	4891	16303	24455	31519	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp9.410.357	Rp28.079.338	Rp57.182.569	Rp167.904.052	Rp262.576.316	Rp41.120.860	
39	2057	4940	16466	24699	31834	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp9.504.461	Rp28.360.132	Rp57.754.395	Rp169.583.092	Rp265.202.079	Rp39.554.351	
40	2058	4989	16631	24946	32153	Rp1.924	Rp1.722	Rp2.338	Rp5.327	Rp9.599.505	Rp28.643.733	Rp58.331.939	Rp171.278.923	Rp267.854.100	Rp38.047.518	
															Total Penghematan	Rp3.761.807.648

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan **Tabel 5.54** tersebut maka total penghematan BOK tidak tetap jika dibangun perkerasan jalan baru adalah sebesar Rp3.761.807.648. Selanjutnya dapat dicari nilai rasio B/C dari perkerasan jalan baru yang akan dijelaskan dalam subbab berikut.

5.5 ANALISIS MANFAAT-BIAYA

Berdasarkan perhitungan biaya dan manfaat di atas diperoleh biaya nilai sekarang (*present value cost*) dari perkerasan jalan baru sebesar Rp5.839.669.932. Sedangkan untuk manfaat nilai sekarang (*present value benefit*) adalah sebesar Rp3.761.807.648. Berdasarkan **Persamaan 3.7** maka diperoleh nilai rasio B/C sebesar 0,644.

5.6 PEMBAHASAN

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

5.6.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Berdasarkan data lalu lintas yang diasumsikan sama seperti ruas Suruh-Singlar serta perencanaan tebal perkerasan kaku dengan mengacu pada Pd T-14-2003 maka diperoleh tebal perkerasan kaku 200 mm dan lapis pondasi agregat dengan jenis *Cement Treated Subbase* setebal 100 mm. Mengacu pada Pd-T-14-2003 untuk menentukan apakah tebal perkerasan tersebut bisa digunakan atau tidak maka perlu dilakukan analisis fatik dan erosi. Berdasarkan **Tabel 5.18** tentang hasil analisis fatik dan erosi diperoleh total kerusakan akibat fatik sebesar 51,746%, sedangkan total kerusakan akibat erosi sebesar 1,294%. Persentase kerusakan akibat fatik dan erosi yang diperoleh tidak melebihi 100%, artinya tebal perkerasan tersebut dapat dipakai.

5.6.2 Biaya Langsung dan Siklus Hidup Perkerasan

Berdasarkan pada pedoman AHSP Bidang Bina Marga maka analisa harga satuan pekerjaan diterjemahkan kedalam spesifikasi umum yang terdiri dari sepuluh divisi-divisi umum pekerjaan. Perhitungan AHSP harus didahului dengan perhitungan HSD tenaga kerja, alat serta bahan. Namun, dalam penelitian ini analisa HSD tidak dilakukan. HSD tenaga kerja, alat serta bahan sendiri diasumsikan sama seperti yang ada pada dokumen D.E.D peningkatan ruas jalan Suruh-Singlar. Maka ketika HSD sudah ditentukan maka HSP dapat diperoleh.

Mengacu pada **Tabel 5.25** maka harga satuan pekerjaan paling besar adalah pada pekerjaan mobilisasi sebesar Rp34.885.000 dengan satuan lumpsum, sedangkan harga satuan pekerjaan paling kecil adalah pekerjaan batang pengikat sebesar Rp. 12.837,62/kg.

Sedangkan untuk biaya total pekerjaan tiap divisi, berdasarkan **Tabel 5.26** diperoleh divisi dengan persentase biaya terbesar yakni divisi 5 Perkerasan Beton Semen dan Divisi 3 Pekerjaan Drainase dengan masing-masing persentase sebesar 58,238% dan 25,064% dari biaya konstruksi. Sedangkan divisi 7 struktur merupakan divisi dengan total biaya pekerjaan paling kecil yakni sebesar 0,202% dari biaya konstruksi. Berdasarkan **Tabel 5.26** tersebut total biaya konstruksi perkerasan kaku adalah sebesar Rp5.509.936.260 (termasuk PPN 10%). Artinya, per meter panjang perkerasan tersebut dikenakan biaya sebesar Rp5.009.032.964.

Sementara itu biaya siklus hidup suatu perkerasan jalan bergantung pada strategi perawatan dan rehabilitasi dari perkerasan tersebut. Penelitian ini menggunakan strategi desain perawatan dan rehabilitasi perkerasan kaku yang dirancang oleh Pennsylvania Department of Transportation (PennDOT) dengan sedikit modifikasi. Strategi desain perawatan dan rehabilitasi dari PennDOT ditampilkan dalam **Tabel 5.27** sedangkan asumsi strategi perawatan dilakukan mengacu pada **Tabel 5.28**.

Berdasarkan **Tabel 5.29** diperoleh biaya perawatan yang meningkat dari tahun 5 sampai tahun 20, kemudian pada tahun ke 25 menurun lalu pada tahun 30 naik lagi sampai tahun 40. Peningkatan besar di tahun 20 ini disebabkan perbedaan volume pekerjaan perawatan dengan tahun-tahun sebelumnya,

sementara itu harga satuan pekerjaan perawatan terus meningkat. Begitu juga dengan peningkatan terbesar di tahun 40.

Selanjutnya dalam **Tabel 5.30** diperoleh nilai sekarang berdasarkan nilai masa depan dari biaya perawatan perkerasan. **Tabel 5.30** menunjukkan bahwa ada selisih harga antara nilai masa depan (*future value*) dan nilai sekarang (*present value*) sementara semakin meningkatnya tahun selisih yang diperoleh juga semakin besar. Selisih harga dipengaruhi oleh tingkat pengali terhadap nilai masa depan yakni diskonto faktor ($P/F, i, n$) yang menurun dengan meningkatnya tahun.

Berdasarkan analisis, biaya perawatan perkerasan selama umur rencana diperoleh sebesar Rp. 329.733.671. Berdasarkan itu biaya siklus hidup diperoleh sebesar Rp5.839.669.932 dimana 5,64% dari biaya siklus hidup tersebut adalah total biaya perawatan selama umur rencana sedangkan 94,35% adalah biaya konstruksi awal. Dari hal itu dapat disimpulkan bahwa biaya konstruksi memiliki persentase yang besar dalam perhitungan biaya siklus hidup perkerasan jalan kaku.

5.6.3 Manfaat dari Penghematan Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap

Berdasarkan analisis BOK tidak tetap sebelumnya nilai BOK tidak tetap *without project* lebih besar dibandingkan BOK tidak tetap *with project*. Adanya perbedaan tersebut menunjukkan bahwa biaya operasi kendaraan akan lebih murah jika ruas jalan Balong-Plosokerep tersebut diperbaiki. Selain itu selisih antara BOK tidak tetap *without project* dan *with project* tersebut juga merupakan manfaat yang akan dikenakan kepada pengendara.

Tabel 5.53 menampilkan peningkatan pertumbuhan kendaraan yang akan berpengaruh pada nilai penghematan BOK tidak tetap. Artinya jika volume lalu lintas tahunan pada ruas jalan tersebut meningkat maka penghematan biaya dalam bentuk nilai masa depan (*future value*) akan meningkat juga. Jika tidak ada perubahan pada volume lalu lintas maka bisa dipastikan *future value* dari penghematan biaya operasi kendaraan tidak berubah. Hal ini dikarenakan besaran penghematan BOK tidak tetap yang digunakan diasumsikan sama selama umur rencana.

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

Dari **Tabel 5.53** pun diperoleh total penghematan BOK tidak tetap yakni dari total present value biaya penghematan BOK tidak tetap pada tahun ke-0 sampai tahun ke-40 sebesar Rp3.761.807.648. Total *present value* biaya penghematan ini dibandingkan dengan total *present value* biaya siklus hidup jalan dalam persamaan rasio B/C.

5.6.4 Kelayakan Ekonomi Berdasarkan Rasio B/C

Berdasarkan analisis manfaat-biaya yang sudah dilakukan, jika dibangun perkerasan kaku dengan desain perkerasan yang diteliti, maka diperoleh rasio B/C sebesar 0,644. Nilai ini menunjukkan bahwa perkerasan jalan yang akan dibangun tidak memenuhi kelayakan ekonomi dari segi analisis B/C. Indikator kelayakan ekonomi dengan metode B/C mengharuskan nilai rasio B/C yang diperoleh lebih dari 1. Artinya total manfaat yang akan diterima oleh masyarakat harus lebih besar dibandingkan biaya yang harus dikeluarkan oleh pemerintah dalam membangun jalan tersebut.

Namun perlu diingat disini bahwa manfaat yang terhitung diatas hanyalah manfaat yang terwujud dalam bentuk penghematan biaya operasi kendaraan. Pada kenyataannya manfaat yang akan timbul yang dapat dihitung, jika mengacu pada Pedoman studi kelayakan proyek jalan dan jembatan Pd T-19-2005-B adalah penghematan nilai waktu perjalanan, penghematan biaya kecelakaan dan penghematan dalam pemeliharaan jalan. Dari segi ekonomi manfaat yang bisa timbul adalah pengembangan ekonomi dalam bentuk peningkatan harga jual tanah dan munculnya sektor usaha baru. Belum lagi terkait manfaat tak nyata (*intangible benefits*) dalam proses kelancaran evakuasi jika terjadi bencana gunung api Gunung Merapi. Apabila manfaat-manfaat ini disertakan dalam

analisis maka rasio B/C sebelumnya akan meningkat. Hal itu kemudian dapat menunjukkan bahwa rencana proyek tersebut diduga layak untuk dilaksanakan.

Disatu sisi yang lain, jika manfaat-manfaat ekonomi tersebut telah disertakan namun tetap menghasilkan rasio B/C dibawah indikator kelayakan, pembangunan infrastruktur jalan untuk publik tersebut bukan berarti tidak dilaksanakan. Pembangunan perlu dilaksanakan dengan mempertimbangkan aspek yang lebih krusial yakni keselamatan nyawa warga setempat ketika terjadi bencana gunung api Gunung Merapi. Artinya, aspek-aspek manfaat yang tak terukur (*intangible benefit*) tersebut mestinya menjadi perhatian dalam pengambilan keputusan pembangunan.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian Penerapan Metode Analisa Manfaat-Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Proyek Infrastruktur (Studi Kasus Ruas Jalur Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta) adalah sebagai berikut:

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*. Dari analisa fatik dan erosi diperoleh nilai kerusakan fatik serta erosi perkerasan sebesar 51,74 % dan 1,29 %. Artinya tebal perkerasan dapat digunakan karena kerusakan fatik dan erosi tidak melebihi 100%.
2. Berdasarkan perhitungan dengan mengacu pada pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga biaya konstruksi (*initial cost*) 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

6.2 SARAN

Dari hasil penelitian dan kesimpulan-kesimpulan yang didapat, saran yang dapat disampaikan adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan berbagai alternatif jenis perkerasan lainnya seperti misalnya perkeraswan lentur kemudian membandingkan siklus hidup serta manfaat antar jenis perkerasan yang dipilih tersebut.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan desain strategi perawatan dan rehabilitasi jalan yang diperkirakan akan diterapkan, hal ini dikarenakan pemilihan suatu strategi perawatan dan rehabilitasi jalan akan mempengaruhi biaya siklus hidup jalan selama umur rencana.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan mempertajam aspek manfaat-manfaat lainnya yang dapat dicakup dalam pembangunan suatu jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. (2010). *Metode Konstruksi Proyek Jalan*. Jakarta: UI Press.
- Azwar, S. (1998). *Metode Penelitian* (1st ed.). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Badan Pusat Statistik Provinsi D.I Y (2017). *Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka 2017*. Yogyakarta: Sinar Baru Offset
- Balai Pustaka. (2016). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan: 1. Biaya Tidak Tetap (Running Cost)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2003). *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2011). *Pedoman Konstruksi Bangunan Desain Perkerasan Jalan Lentur*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2013). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hardiyatmo, H. C. (2007). *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardwiyono, S. (2013). *Metode Pelaksanaan Perkerasan Jalan*. Retrieved May 14, 2017, from <http://thesis.umy.ac.id/datapubliknonthesis/EBUMY2275.pdf>
- Haryanto, I., & Utomo, H. B. (2012). *Bahan Ajar Perkerasan Jalan*. Retrieved May 14, 2017, from https://www.academia.edu/23757103/BUKU_AJAR_MATA_KULIAH_PERKERASAN_JALAN_RAYA
- Kodoatie, R. J. (1995). *Analisis Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Kuiper, E. (1971). *Water resources project economics*. London: Butterworths.
- Khuzaifah, (2017). *Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Batas Kota Tapaktuan-Bakongan*. Unsyiah. Retrieved April 20, 2017, from <http://etd.unsyiah.ac.id/baca/index.php?id=18127&page=6>
- Menteri Pekerjaan Umum. (2016). *Permen PU-PR tentang Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta: Kementerian PU-PR

- Menteri Pekerjaan Umum. (2011). *Permen PU tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan*. Jakarta: Kementerian PU
- Pennsylvania Department of Transportation. (2015). *Publication 242*. Pennsylvania.
- Putro, H. (2005). *Diktat Ekonomi Teknik*. Depok: Gunadarma University.
Retrieved April 4, 2017, from http://haryono_putro.staff.gunadarma.ac.id/
- Sagita, G. D. (2011). Analisa Manfaat Biaya Pembangunan Jalan Arteri Raya Siring-Porong. *Jurnal Tugas Akhir*. Retrieved March 30, 2017, from <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100011043555/16634>
- Sharma, K. R. (2011). *Fundamentals of Engineering Economics*. Cognella.
- Sukirman. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Suryana. (2010). *Buku Ajar Perkuliahan: Metodologi Penelitian, Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia. Retrieved April 23, 2017, from http://file.upi.edu/Direktori/FPEB/PRODI.MANAJEMEN_FPEB/196006021986011-SURYANA/FILE_7.pdf
- Wulandari, Y. A., & Kartika, A. G. (2012). Studi Kelayakan Jalan Arteri Lingkar Luar Barat Surabaya [Abstract]. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1). Retrieved May 14, 2017, from <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-27664-3110105001-Paper.pdf>
- Zubir, (2015). Evaluasi Kebutuhan, Manfaat dan Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Alternatif di Kota Idi Aceh Timur. *Unsyiah*. Retrieved April 20, 2017, from <http://etd.unsyiah.ac.id/baca/index.php?id=18127&page=6>

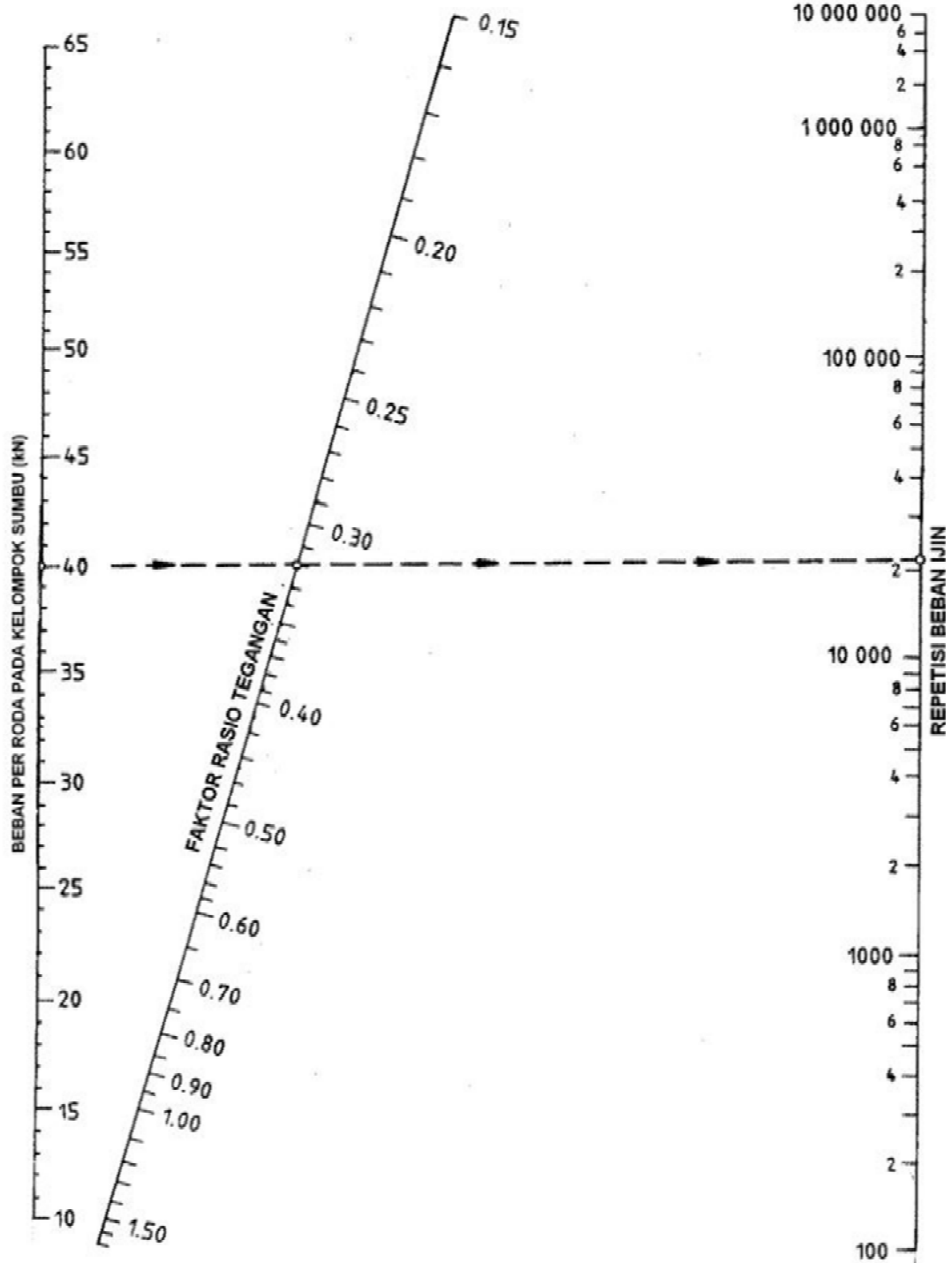
LAMPIRAN

Lampiran 2. Data Nilai Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi

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

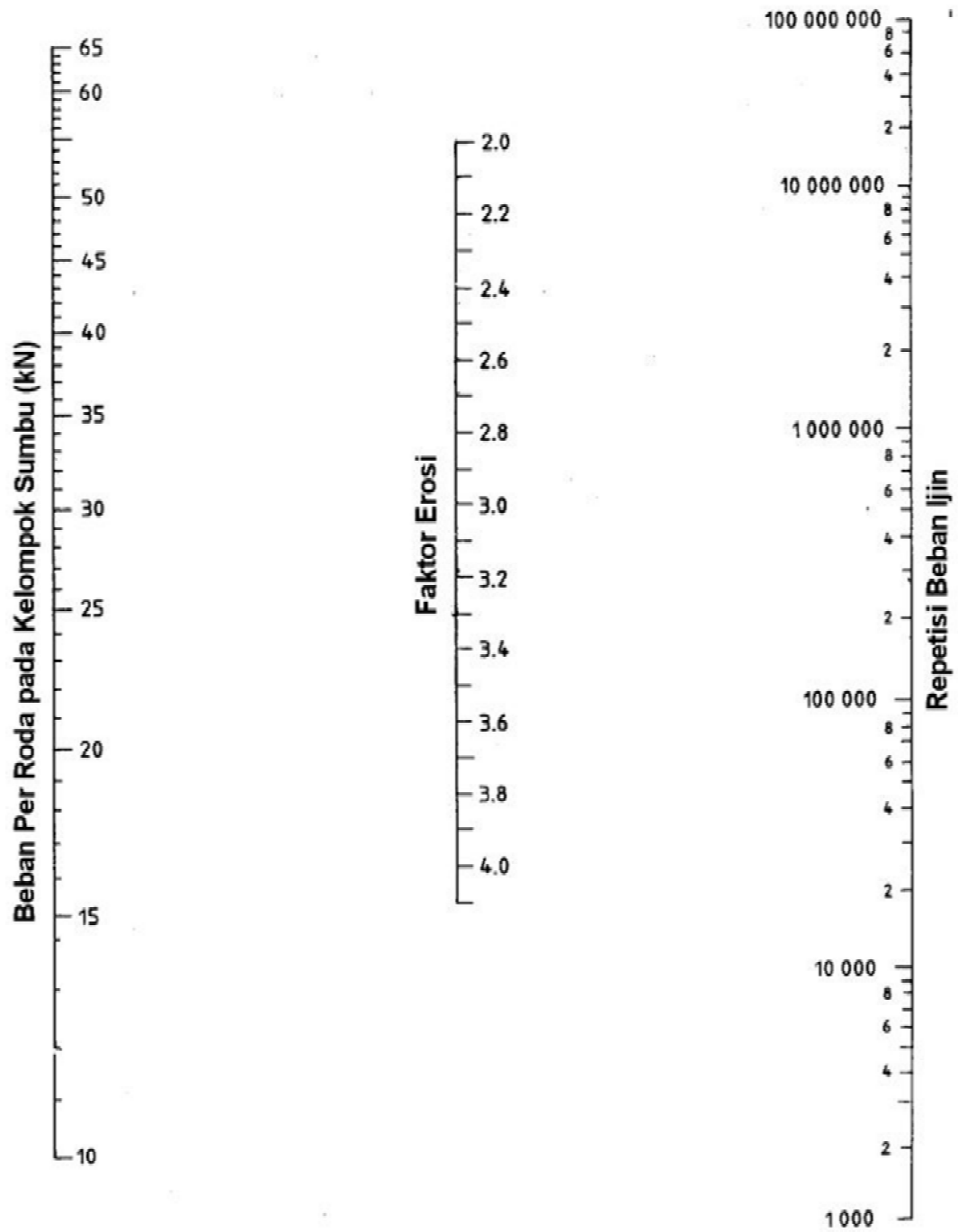
Sumber: Departemen Pemukiman & Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003

Lampiran 3. Nomogram analisa fatik dan beban repetisi ijin tanpa bahu beton



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

Lampiran 4. Nomogram analisa erosi dan beban repetisi ijin



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

Lampiran 5. Data Tingkat Inflasi 5 Tahun Terakhir

Bulan	Tingkat Inflasi
Juni 2017	4,37%
Mei 2017	4,33%
April 2017	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%
Juli 2016	3,21%
Juni 2016	3,45%
Mei 2016	3,33%
April 2016	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%
April 2015	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%

Lanjutan Lampiran 5. Data Tingkat Inflasi 5 Tahun Terakhir

Mei 2014	7,32%
April 2014	7,25%
Maret 2014	7,32%
Februari 2014	7,75%
Januari 2014	8,22%
Desember 2013	8,38%
Nopember 2013	8,37%
Oktober 2013	8,32%
Sep-13	8,40%
Agustus 2013	8,79%
Juli 2013	8,61%
Juni 2013	5,90%
Mei 2013	5,47%
April 2013	5,57%
Maret 2013	5,90%
Februari 2013	5,31%
Januari 2013	4,57%
Desember 2012	4,30%
Nopember 2012	4,32%
Oktober 2012	4,61%
Sep-12	4,31%
Agustus 2012	4,58%
Juli 2012	4,56%

Sumber: <http://www.bi.go.id/en/moneter/inflasi/data/Default.aspx> ,diakses Juni 2017

Lampiran 6. Data Tingkat BI Rate 7 Day 2 Tahun Terakhir

Tanggal	BI 7-Day
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 April 2017	4,75%
16 Maret 2017	4,75%
16 Februari 2017	4,75%
19 Januari 2017	4,75%
15 Desember 2016	4,75%
17 Nopember 2016	4,75%
20 Oktober 2016	4,75%
22-Sep-16	5,00%
19 Agustus 2016	5,25%
21 Juli 2016	5,25%
16 Juni 2016	5,25%
19 Mei 2016	5,50%
21 April 2016	5,50%

Sumber: <http://www.bi.go.id/en/moneter/bi-7day-RR/data/Contents/Default.aspx>, diakses September 2017

Lampiran 7. Data Harga Satuan Upah Tahun 2016 dan 2018

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga Yang Digunakan	Harga Satuan Tahun 2016 (Rp.)	Harga Satuan Tahun 2018 (Rp.)
1	Pekerja	L01	jam	Rp8.386,87	Rp52.250,00	Rp 58.708,10
2	Tukang	L02	jam	Rp11.476,77	Rp71.500,00	Rp 80.337,40
3	Mandor	L03	jam	Rp12.439,86	Rp77.500,00	Rp 87.079,00
4	Operator	L04	jam	Rp11.476,77	Rp71.500,00	Rp 80.337,40
5	Pembantu Operator	L05	jam	Rp8.386,87	Rp52.250,00	Rp 58.708,10
6	Sopir/Driver	L06	jam	Rp11.476,77	Rp71.500,00	Rp 80.337,40
7	Pembantu Sopir/Driver	L07	jam	Rp8.386,87	Rp52.250,00	Rp 58.708,10
8	Mekanik	L08	jam	Rp11.476,77	Rp71.500,00	Rp 80.337,40
9	Pembantu Mekanik	L09	jam	Rp8.386,87	Rp52.250,00	Rp 58.708,10
10	Kepala Tukang	L10	jam	Rp12.038,57	Rp75.000,00	Rp 84.270,00
11	Flagman		OB	Rp 500.000,00		Rp 561.800,00
12	Koordinator		OB	Rp 750.000,00		Rp 842.700,00

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Suruh-Singlar, 2016

Harga tahun 2018 diperoleh dengan menggunakan **Persamaan 5.1**

Lampiran 8. Data Harga Satuan Bahan Tahun 2016 dan 2018

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga Satuan Tahun 2016 (Rp.)	Harga Satuan Tahun 2018 (Rp.)
1	Pasir Pasang (Sedang)	M01b	M3	Rp200.000	Rp224.720
2	Pasir Beton (Kasar)	M01a	M3	Rp210.000	Rp235.956
3	Pasir Halus (Untuk HRS)	M01c	M3	Rp133.100	Rp149.551
4	Pasir Urug (ada unsur lempung)	M01d	M3	Rp103.500	Rp116.293
5	Batu Kali	M02	M3	Rp150.000	Rp168.540
6	Agregat Pecah Kasar		M3	Rp125.067	Rp140.525
7	Agregat Halus LP A		M3	Rp110.708	Rp124.391
8	Agregat Lolos #1		M3	Rp133.755	Rp150.288
9	Lolos screen1 ukuran (0-5)		M3	Rp110.708	Rp124.391
10	Lolos screen2 ukuran (0-5)		M3	Rp151.133	Rp169.813
11	Lolos screen3 ukuran (5-9,5)		M3	Rp133.755	Rp150.288
12	Lolos screen4 ukuran (9,5-19,0)		M3	Rp119.853	Rp134.667
13	Filler (semen)	M05	KG	Rp1.100	Rp1.236
14	Batu Belah /Kerakal	M06	M3	Rp281.700	Rp316.518
15	Gravel	M07	M3	Rp350.100	Rp393.372
16	Bahan Tanah Timbunan	M08	M3	Rp75.000	Rp84.270
17	Bahan Pilihan	M09	M3	Rp94.091	Rp105.721
18	Aspal	M10	Kg	Rp11.020	Rp12.382
19	Kerosen/ Minyak Tanah	M11	LITER	Rp8.400	Rp9.438
20	Semen/ PC (50 Kg)	M12	Zak	Rp50.000	Rp56.180
21	Semen/ PC (Kg)	M12	Kg	Rp1.100	Rp1.236
22	Besi Beton	M13	Kg	Rp13.800	Rp15.506
23	Kawat Beton	M14	Kg	Rp18.818	Rp21.144
24	Kawat Bronjong	M15	Kg	Rp23.000	Rp25.843
25	Sirtu	M16	M3	Rp99.000	Rp111.236
26	Cat Marka (Non termoplas)	M17a	Kg	Rp71.000	Rp79.776
27	Cat Marka (termoplas)	M17b	Kg	Rp50.000	Rp56.180
28	Paku	M18	Kg	Rp17.245	Rp19.377
29	Kayu Perancah	M19	M3	Rp1.250.000	Rp1.404.500
30	Bensin	M20	LITER	Rp10.300	Rp11.573
31	Solar	M21	LITER	Rp11.950	Rp13.427
32	Minyak Pelumas /Oli	M22	LITER	Rp23.000	Rp25.843
33	Plastik Filter	M23	M2	Rp15.000	Rp16.854
34	Pipa Galvanis Dia 1,6"	M24	Batang	Rp246.982	Rp277.509
35	Pipa Porus	M25	M'	Rp40.000	Rp44.944

Lanjutan Lampiran 8. Data Harga Satuan Bahan Tahun 2016 dan 2018

36	Agr. Base Kelas A	M26	M3	Rp146.142	Rp164.205
37	Agr. Base Kelas B	M27	M3	Rp141.581	Rp159.080
38	Agr. Base Kelas C	M28	M3	Rp152.801	Rp171.688
39	Agr. Base Kelas C2	M29	M3	Rp0	Rp0
40	Geotextile	M30	M2	Rp27.500	Rp30.899
41	Aspal Emulsi	M31	Kg	Rp9.400	Rp10.562
42	Pohon	M32	bh	Rp50.000	Rp56.180
43	Thinner	M33	LITER	Rp16.463	Rp18.498
44	Glass Bead	M34	Kg	Rp28.600	Rp32.135
45	Pelat Rambu (Eng. Grade)	M35a	bh	Rp180.000	Rp202.248
46	Pelat Rambu (High I Grade)	M35b	bh	Rp216.500	Rp243.259
47	Rel Pengaman	M36	M'	Rp412.500	Rp463.485
48	Beton K-250	M37	M3	Rp1.021.399	Rp1.147.643
49	Baja Tulangan (Polos) U24	M39a	Kg	Rp9.317	Rp10.468
50	Baja Tulangan (Ulir) U24	M39b	Kg	Rp9.794	Rp11.004
51	Kapur	M40	M3	Rp40.000	Rp44.944
52	Chipping	M41	M3	Rp180.545	Rp202.861
53	Chipping (kg)	M41kg	Kg	Rp96	Rp108
54	Cat	M42	Kg	Rp22.473	Rp25.250
55	Pemantul Cahaya	M43	bh	Rp74.091	Rp83.249
56	Pasir Urug	M44	M3	Rp103.500	Rp116.293
57	Arbocell	M45	Kg	Rp32.000	Rp35.955
58	Baja Bergelombang	M46	Kg	Rp12.500	Rp14.045
59	Beton K-125	M47	M3	Rp771.548	Rp866.911
60	Baja Struktur	M48	Kg	Rp11.000	Rp12.360
61	Tiang Pancang Baja	M49	M'	Rp25.247	Rp28.368
62	Tiang Pancang Beton Pratekan	M50	M3	Rp423.958	Rp476.359
63	Kawat Las	M51	Dos	Rp16.000	Rp17.978
64	Pipa Baja	M52	Kg	Rp15.000	Rp16.854
65	Minyak Fluks	M53	LITER	Rp6.237	Rp7.008
66	Bunker Oil	M54	LITER	Rp3.000	Rp3.371
67	Ashbuton Halus	M55	Ton	Rp325.000	Rp365.170
68	Baja Prategang	M56	Kg	Rp8.000	Rp8.989
69	Baja Tulangan (polos) U32	M57a	Kg	Rp9.650	Rp10.842
70	Baja Tulangan (Ulir) D39	M39c	Kg	Rp9.794	Rp11.004
71	Baja Tulangan (Ulir) D48	M39d	Kg	Rp9.794	Rp11.004
72	PCI Girder L=17m	M58a	bh	Rp86.000	Rp96.630
73	PCI Girder L=21m	M58b	bh	Rp97.000	Rp108.989

Lanjutan Lampiran 8. Data Harga Satuan Bahan Tahun 2016 dan 2018

74	PCI Girder L=26m	M58c	bh	Rp124.000	Rp139.326
75	PCI Girder L=32m	M58d	bh	Rp157.000	Rp176.405
76	PCI Girder L=36m	M58e	bh	Rp168.000	Rp188.765
77	PCI Girder L=41m	M58f	bh	Rp192.000	Rp215.731
78	Beton K-300	M59	M3	Rp1.448.525	Rp1.627.562
79	Beton K-175	M60	M3	Rp811.549	Rp911.857
80	Cerucuk	M61	M	Rp15.000	Rp16.854
81	Elastomer	M62	bh	Rp900.000	Rp1.011.240
82	Bahan Pengawet	M63	LITER	Rp5.000	Rp5.618
83	Mata Kucing	M64	bh	Rp75.000	Rp84.270
84	Anchorage	M65	bh	Rp480.000	Rp539.328
85	Anti Stripping Agent	M66	Kg	Rp32.927	Rp36.997
86	Bahan Modifikasi	M67	Kg	Rp1.000	Rp1.124
87	Beton K-500	M68	M3	Rp1.902.340	Rp2.137.469
88	Beton K-400	M69	M3	Rp1.787.838	Rp2.008.815
89	Ducting (Kabel Prestress)	M70	M'	Rp150.000	Rp168.540
90	Ducting (Strand Prestress)	M71	M'	Rp50.000	Rp56.180
91	Beton K-350	M72	M3	Rp1.734.464	Rp1.948.844
92	Multipleks 12 mm	M73	Lbr	Rp172.500	Rp193.821
93	Elastomer jenis 1	M74a	bh	Rp900.000	Rp1.011.240
94	Elastomer jenis 2	M74b	bh	Rp1.000.000	Rp1.123.600
95	Elastomer jenis 3	M74c	bh	Rp1.100.000	Rp1.235.960
96	Expansion Join Tipe Asphaltic Plug	M75d	M	Rp1.000.000	Rp1.123.600
97	Expansion Join Tipe Rubber	M75e	M	Rp1.200.000	Rp1.348.320
98	Expansion Join Baja Siku	M75f	M	Rp275.000	Rp308.990
99	Marmor	M76	bh	Rp400.000	Rp449.440
100	Kerb Type A	M77	bh	Rp45.000	Rp50.562
101	Paving Block	M78	bh	Rp3.291	Rp3.698
102	Mini Timber Pile	M79	bh	Rp27.000	Rp30.337
103	Expansion Join Tipe Torma	M80	M1	Rp1.200.000	Rp1.348.320
104	Strip Bearing	M81	bh	Rp229.500	Rp257.866
105	Joint Socket Pile 35 x 35	M82	set	Rp607.500	Rp682.587
106	Joint Socket Pile 16 x 16 x 16	M83	set	Rp67.500	Rp75.843
107	Mikro Pile 16 x 16 x 16	M84	M1	Rp60.750	Rp68.259
108	Matras Concrete	M85	bh	Rp405.000	Rp455.058
109	Assetilline	M86	Botol	Rp229.500	Rp257.866
110	Oxygen	M87	Botol	Rp114.750	Rp128.933
111	Batu Bara	M88	Kg	Rp600	Rp674

Lanjutan Lampiran 8. Data Harga Satuan Bahan Tahun 2016 dan 2018

112	Pipa Galvanis Dia 3"	M24a	M	Rp91.456	Rp102.760
113	Pipa Galvanis Dia 1,5"	M24b	M	Rp41.164	Rp46.251
114	Agregat Pecah Mesin 0-5mm	M91	M3	Rp180.545	Rp202.861
115	Agregat Pecah Mesin 5-10mm & 10-20mm	M92	M3	Rp175.373	Rp197.049
116	Agregat Pecah Mesin 20-30mm	M93	M3	Rp201.245	Rp226.119
117	Additive	M67a	Ltr	Rp38.500	Rp43.259
118	Aditif Anti Pengelupasan		Kg	Rp60.000	Rp67.416
119	Bahan Pengisi (Filler) Tambahan		Kg	Rp1.100	Rp1.236
120	Asbuton yang diproses		Kg	Rp30.000	Rp33.708
121	Aspal Modifikasi		M3	Rp8.000	Rp8.989
122	Air		M2	Rp2.300	Rp2.584
123	Tegel 30 x 30 motif			Rp85.000	Rp95.506
124	Agregat Kelas S		M3	Rp92.753	Rp104.217
125	Joint Sealant		KG	Rp34.100	Rp38.315
126	Cat Anti Karat		KG	Rp35.750	Rp40.169
127	Expansion Cap		M2	Rp6.050	Rp6.798
128	Polytene 125 mikron		Kg	Rp19.250	Rp21.629
129	Curing Compund		Ltr	Rp38.500	Rp43.259
130	Kayu Acuan		M3	Rp1.250.000	Rp1.404.500
131	Batu Belah		M3	Rp150.000	Rp168.540
132	Tanah Humus tebal 20cm		M3	Rp5.000	Rp5.618
133	pupuk		KG	Rp5.000	Rp5.618
134	cat dan bahan lain		LS	Rp5.000	Rp5.618
135	Rambu Portabel Informasi pengalihan lalu lintas		Buah	Rp95.000	Rp106.742
136	Rambu penghalang lalu lintas jenis plastik		Buah	Rp75.000	Rp84.270
137	Rambu Peringatan		Buah	Rp140.000	Rp157.304
138	Papan Nama Proyek		Ls	Rp250.000	Rp280.900

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Suruh-Singlar, 2016

Harga tahun 2018 diperoleh dengan menggunakan **Persamaan 5.1**

Lampiran 9. Data Harga Satuan Alat Tahun 2016 dan 2018

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga Satuan Tahun 2016 (Rp.)	Harga Satuan Tahun 2018 (Rp.)
1	Excavator	E08	jam	Rp579.050,67	Rp650.621,33
2	Dump Truck	E09	jam	Rp300.352,33	Rp337.475,88
3	Concrete Mixer	E20	jam	Rp71.933,52	Rp80.824,50
4	Water Tank	E23	jam	Rp293.573,57	Rp329.859,26
5	Concrete Vibrator	E18	jam	Rp35.372,52	Rp39.744,56
6	Wheel Loader	E15	jam	Rp346.546,46	Rp389.379,60
7	Motor Grader	E13	jam	Rp650.856,33	Rp731.302,17
8	Tandem Roller	E17	jam	Rp397.506,07	Rp446.637,82
9	Vibro Roller	E19	jam	Rp205.441,03	Rp230.833,54
10	Chainsaw		jam	Rp14.285,71	Rp16.051,42
11	Truck Mixer	E49	jam	Rp573.066,58	Rp643.897,61
12	Concrete Paver	E42	jam	Rp328.638,61	Rp369.258,34
13	Batching Plant	E43	jam	Rp346.546,46	Rp389.379,60
14	Compressor	E05	jam	Rp201.915,63	Rp226.872,40
15	Alat Bantu		LS	Rp1.000,00	Rp1.123,60
16	Screed Paver		jam	Rp 26.207,76	Rp29.447,04

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Konstruksi Peningkatan Jalan Suruh-Singlar, 2016

Harga tahun 2018 diperoleh dengan menggunakan **Persamaan 5.1**

Lampiran 10. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 1

Dalam perhitungan biaya Divisi 1, item pekerjaan yang ditentukan adalah mobilisasi dan manajemen & keselamatan lalu lintas dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut.

Tabel L.10.1 AHS Pekerjaan Mobilisasi

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	SEWA TANAH	M2			Rp0,00
B	PERALATAN				Rp21.450.000
C	MOBILISASI FASILITAS KONTRAKTOR		1	Rp1.500.000	Rp1.500.000
D	MOBILISASI FASILITAS LABORATORIUM	SET	1	Rp5.500.000	Rp5.500.000
E	MOBILISASI LAINNYA				
F	DEMOBILISASI		1	Rp6.435.000	Rp6.435.000
	JUMLAH HARGA PERALATAN				
	TOTAL BIAYA MOBILISASI				Rp34.885.000

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Peningkatan Jalan Ruas Suruh-Singlar, 2016

Tabel L.10.2 AHS Pekerjaan Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	DATA DAN ASUMSI				
1	Panjang Lokasi Pekerjaan	KM	1.1		
2	Total Masa Pelaksanaan Kegiatan	Bulan	4		
3	Masa Mobilisasi	Bulan	1		
4	Periode Pekerjaan Perkerasan Jalan	Bulan	4		
5	Panjang Zona Kerja Perkerasan Jalan	M	1100		
B	URUTAN KERJA				
C	PERALATAN KESELAMATAN LALU LINTAS				
	Rambu Portabel Informasi pengalihan lalu lintas	Buah	2	Rp106.742	Rp213.484
	Rambu penghalang lalu lintas jenis plastik	Buah	2	Rp84.270	Rp168.540
	Rambu Peringatan	Buah	2	Rp157.304	Rp314.608
	Papan Nama Proyek	Ls	1	Rp280.900	Rp280.900
					Rp977.532
D	TENAGA				
	Pekerja	OB	2	Rp561.800	Rp1.123.600
	Koordinatur	OB	1	Rp842.700	Rp842.700
E	TOTAL BIAYA	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas			Rp3.921.364

Sumber: Bina Marga, Dokumen Estimasi Biaya Peningkatan Jalan Ruas Suruh-Singlar, 2016

Lampiran 11. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 2

Dalam perhitungan biaya Divisi 2, item pekerjaan pekerjaan yang ditentukan adalah pasangan batu & mortar, beton K-250 untuk struktur drainase, dan baja tulangan untuk struktur drainase beton dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut.

Tabel L.11.1 AHS pekerjaan pasangan batu dan mortar

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	5,9524	Rp8.387	Rp49.922
2	Tukang Batu	jam	1,7857	Rp11.477	Rp20.494
3	Mandor	jam	0,5952	Rp12.440	Rp7.404
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp77.820
B BAHAN					
1	Batu	M3	1,08	Rp168.540	Rp182.023
2	Semen (PC)	KG	161	Rp1.236	Rp198.990
3	Pasir	M3	0,4829	Rp224.720	Rp108.517
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp489.530
C PERALATAN					
1	Conc. Mixer	jam	0,5952	Rp80.825	Rp48.107
2	Alat Bantu	LS	1	Rp1.124	Rp1.124
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp49.230
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp616.581
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp61.658
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp678.239

Sumber: Hasil analisis, 2017

Tabel L.11.2 AHS pekerjaan beton K250 untuk struktur drainase beton minor

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	8,25	Rp8.387	Rp69.192
2	Tukang Batu	jam	1,375	Rp11.477	Rp15.781
3	Mandor	jam	2,75	Rp12.440	Rp34.210
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp119.182
B BAHAN					
1	Semen (PC)	KG	365,4	Rp1.236	Rp451.620
2	Pasir Beton	M3	1,062	Rp235.956	Rp250.585
3	Agregat Kasar	M3	0,443	Rp140.525	Rp62.252
4	Kayu Bekesting	M3	0,135	Rp1.404.500	Rp189.608
5	Paku Kecil	KG	0,089	Rp19.377	Rp1.725
6	Air	M3	0,183	Rp2.584	Rp473
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp956.263
C PERALATAN					
1	Conc. Mixer 500 LIiter	jam	1,375	Rp80.825	Rp111.134
2	Water Tank Truck 4000 Li	jam	0,062	Rp329.859	Rp20.451
3	Concrete Vibrator	jam	1,375	Rp39.745	Rp54.649
4	Alat Bantu	LS	1	Rp1.124	Rp1.124
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp187.357
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp1.262.802
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp126.280
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp1.389.082

Sumber: Hasil analisis, 2017

Tabel L.11.3 AHS pekerjaan baja tulangan untuk struktur drainase beton

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	0,105	Rp8.387	Rp881
2	Tukang	jam	0,035	Rp11.477	Rp402
3	Mandor	jam	0,035	Rp12.440	Rp435
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp1.718
B BAHAN					
1	Baja Tulangan Polos U24	KG	1,1	Rp10.468	Rp11.515
2	Kawat Beton	KG	0,0025	Rp21.144	Rp53
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp11.568
C PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp13.286
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp1.329
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp14.614

Sumber: Hasil analisis, 2017

Lampiran 12. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 3

Dalam perhitungan biaya Divisi 3, item pekerjaan yang ditentukan adalah pekerjaan galian dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut.

Tabel L.12.1 AHS pekerjaan galian biasa

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	0,068	Rp8.387	Rp574
2	Mandor	jam	0,034	Rp12.440	Rp425
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp999
B BAHAN					
JUMLAH HARGA TENAGA					
C PERALATAN					
1	Excavator	jam	0,034	Rp650.621	Rp22.251
2	Dump Truck	jam	0,148	Rp337.476	Rp49.980
3	Alat Bantu	LS	1	Rp1.124	Rp1.124
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp73.355
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp74.354
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp7.435
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp81.790

Sumber: Hasil analisis, 2017

Lampiran 13. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 4

Dalam perhitungan biaya Divisi 4, item pekerjaan yang ditentukan adalah pekerjaan lapis pondasi agregat kelas S dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut.

Tabel L.13.1 AHS pekerjaan lapis pondasi agregat kelas S

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	0,060	Rp8.387	Rp499
2	Tukang	jam	0,009	Rp12.440	Rp106
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp605
B BAHAN					
1	Agregat S	M3	1,259	Rp104.217	Rp131.168
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp131.168
C PERALATAN					
1	Wheel Loader	jam	0,009	Rp389.380	Rp3.310
2	Dump Truck	jam	1,097	Rp337.476	Rp370.346
3	Motor Grader	jam	0,004	Rp731.302	Rp3.145
4	Tandem Roller	jam	0,005	Rp446.638	Rp2.412
5	Water Tanker	jam	0,014	Rp329.859	Rp4.651
6	Alat Bantu	LS	1	Rp0	Rp0
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp383.863
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp515.636
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp51.564
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp567.199

Sumber: Hasil analisis, 2017

Lampiran 14. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 5

Dalam perhitungan biaya Divisi 5, item pekerjaan yang ditentukan adalah pekerjaan perkerasan beton semen (f'c 20 Mpa), lapis pondasi bawah *Cement Treated Subbase*, batang pengikat dan ruji dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut.

Tabel L.14.1 AHS pekerjaan perkerasan beton semen (f'c 20 Mpa)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	TENAGA				
1	Pekerja	jam	1,4056	Rp8.387	Rp11.789
2	Tukang	jam	0,7028	Rp11.477	Rp8.066
3	Mandor	jam	0,1506	Rp12.440	Rp1.873
	JUMLAH HARGA TENAGA				Rp21.728
B	BAHAN				
1	Semen (PC)	KG	420,000	Rp1.236	Rp519.103
2	Pasir	M3	0,624	Rp235.956	Rp147.166
3	Agregat Kasar	M3	0,789	Rp140.525	Rp110.804
4	Baja Tulangan Polos	KG	0,000	Rp10.468	Rp0
5	Joint Sealent	KG	0,990	Rp38.315	Rp37.932
6	Cat Anti Karat	KG	0,020	Rp40.169	Rp803
7	Expansion Cap	M2	0,170	Rp6.798	Rp1.156
8	Polytene 125 mikron	KG	0,438	Rp21.629	Rp9.463
9	Curing Compound	LTR	0,870	Rp43.259	Rp37.635
10	Multiplex 12 mm	LBR	0,160	Rp193.821	Rp31.011
11	Kayu Acuan	M3	0,096	Rp1.404.500	Rp134.832
12	Paku	KG	1,024	Rp19.377	Rp19.842
13	Additive	LTR	0,914	Rp43.259	Rp39.534
	JUMLAH HARGA BAHAN				Rp1.089.281
C	PERALATAN				
1	Wheel Loader	jam	0,024	Rp389.380	Rp9.501
2	Batching Plant	jam	0,050	Rp389.380	Rp19.547
3	Truck Mixer	jam	0,480	Rp643.898	Rp309.200
4	Concrete Vibrator	jam	0,050	Rp39.745	Rp1.995
5	Water Tank Truck	jam	0,422	Rp329.859	Rp139.201
6	Concrete Paver	jam	0,007	Rp369.258	Rp2.733
	JUMLAH HARGA PERALATAN				Rp482.176
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp1.593.184
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp159.318
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp1.752.503

Sumber: Hasil analisis, 2017

Tabel L.14.2 AHS pekerjaan lapis pondasi bawah *Cement Treated Subbase*

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	1,0542	Rp8.387	Rp8.841
2	Tukang	jam	0,3012	Rp11.477	Rp3.457
3	Mandor	jam	0,1506	Rp12.440	Rp1.873
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp14.172
B BAHAN					
1	Semen	Kg	112,75	Rp1.236	Rp139.354
2	Agregat Kasar	M3	1,2586	Rp140.525	Rp176.865
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp316.219
C PERALATAN					
1	Wheel Loader	jam	0,024	Rp389.380	Rp9.505
2	Batching Plant	jam	0,075	Rp389.380	Rp29.321
3	Dump Truck	jam	0,519	Rp337.476	Rp175.347
4	Vibrator Roller	jam	0,005	Rp230.834	Rp1.253
5	Water Tank Truck	jam	0,042	Rp329.859	Rp13.910
6	Screed Paver	jam	0,012	Rp29.447	Rp375
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp229.711
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp560.101
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp56.010
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp616.111

Sumber: Hasil analisis, 2017

Tabel L.14.3 AHS pekerjaan batang pengikat pada sambungan memanjang

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	0,105	Rp8.387	Rp881
2	Tukang	jam	0,035	Rp11.477	Rp402
3	Mandor	jam	0,035	Rp12.440	Rp435
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp1.718
B BAHAN					
1	Baja Tulangan 16mm	KG	1,1	Rp9.000	Rp9.900
2	Kawat Beton	KG	0,0025	Rp21.144	Rp53
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp9.953
C PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp11.671
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp1.167
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp12.838

Sumber: Hasil analisis, 2017

Tabel L.14.4 AHS pekerjaan ruji pada sambungan melintang

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	0,105	Rp8.387	Rp881
2	Tukang	jam	0,035	Rp11.477	Rp402
3	Mandor	jam	0,035	Rp12.440	Rp435
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp1.718
B BAHAN					
1	Baja Tulangan 25mm	KG	1,1	Rp11.004	Rp12.105
2	Kawat Beton	KG	0,0025	Rp21.144	Rp53
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp12.158
C PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp13.875
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp1.388
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp15.263

Sumber: Hasil analisis, 2017

Lampiran 15. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 7

Dalam perhitungan biaya Divisi 7, item pekerjaan yang ditentukan adalah pekerjaan beton mutu sedang f'c 20 Mpa untuk gorong-gorong dan baja tulangan U 24 polos dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut.

Tabel L.15.1 AHS pekerjaan beton mutu sedang untuk gorong-gorong

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	10,333	Rp8.387	Rp86.662
2	Tukang	jam	1,722	Rp11.477	Rp19.763
3	Mandor	jam	5,167	Rp12.440	Rp64.277
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp170.701
B BAHAN					
1	Semen (PC)	KG	365,4	Rp1.236	Rp451.620
2	Pasir Beton	M3	1,062	Rp235.956	Rp250.585
3	Agregat Kasar	M3	0,443	Rp140.525	Rp62.252
4	Kayu Bekesting	M3	0,07	Rp1.404.500	Rp98.315
5	Paku Kecil	KG	0,089	Rp19.377	Rp1.725
6	Air	M3	0,209	Rp2.584	Rp540
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp865.037
C PERALATAN					
1	Conc. Mixer 500 Lliter	jam	1,722	Rp80.825	Rp139.180
2	Water Tank Truck 4000 Li	jam	0,062	Rp329.859	Rp20.451
4	Concrete Vibrator	jam	1,722	Rp39.745	Rp68.440
5	Alat Bantu	LS	1	Rp1.124	Rp1.124
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp229.195
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp1.264.933
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp126.493
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp1.391.427

Sumber: Hasil analisis, 2017

Tabel L.15.2 AHS pekerjaan baja tulangan U 24 Polos.

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja	jam	0,105	Rp8.387	Rp881
2	Tukang	jam	0,035	Rp11.477	Rp402
3	Mandor	jam	0,035	Rp12.440	Rp435
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp1.718
B BAHAN					
1	Baja Tulangan Polos U24	KG	1,1	Rp10.468	Rp11.515
2	Kawat Beton	KG	0,0025	Rp21.144	Rp53
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp11.568
C PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp13.286
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp1.329
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp14.614

Sumber: Hasil analisis, 2017

Lampiran 16. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Divisi 8

A. Perhitungan Biaya Divisi 8 - Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor

Dalam perhitungan biaya Divisi 8, item pekerjaan yang ditentukan adalah marka jalan termoplastik dengan asumsi perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS) sebagai berikut.

Tabel L.16.1AHS pekerjaan marka jalan termoplastik

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja Biasa	jam	0,6	Rp8.387	Rp5.032
2	Tukang	jam	0,225	Rp11.477	Rp2.582
3	Mandor	jam	0,075	Rp12.440	Rp933
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp8.547
B BAHAN					
1	Cat Marka Thermoplastic	KG	1,95	Rp56.180	Rp109.551
2	Minyak Pencair (Thinner)	LTR	1,05	Rp18.498	Rp19.423
3	Glass Bead	KG	0,45	Rp32.135	Rp14.461
JUMLAH HARGA TENAGA					Rp143.434
C PERALATAN					
1	Compressor	jam	0,075	Rp226.872	Rp17.015
2	Dump Truck	jam	0,075	Rp337.476	Rp25.311
3	Alat Bantu	LS	1	Rp1.124	Rp1.124
JUMLAH HARGA PERALATAN					Rp43.450
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN ALAT (A +B +C)				Rp195.432
E	OVERHEAD & PROFIT (10% X D)				Rp19.543
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				Rp214.975

Sumber: Hasil analisis, 2017

Lampiran 17. Perhitungan Volume Pekerjaan Divisi 1-8

DIVISI 1. UMUM

1,1 Mobilisasi

Mobilisasi = 1 Ls

1,2 Manajemen Keselamatan Lalu Lintas

Manajemen Keselamatan Lalu Lintas = 1 Ls

DIVISI 2. DRAINASE

2,2 Pekerjaan Pasangan Batu Dengan Mortar = 1771 m³

Total Pekerjaan Pasangan Batu Dengan Mortar = 1771 m³

Saluran Kiri

Sta	Sta	
0+000-	0+100	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+100-	0+200	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+200-	0+300	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+300-	0+400	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+400-	0+500	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+500-	0+600	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+600-	0+700	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+700-	0+800	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+800-	0+900	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+900-	1+000	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
1+000-	1+100	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³

Saluran Kanan

Sta	Sta	
0+000-	0+100	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+100-	0+200	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+200-	0+300	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+300-	0+400	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+400-	0+500	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+500-	0+600	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+600-	0+700	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+700-	0+800	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+800-	0+900	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
0+900-	1+000	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³
1+000-	1+100	= 0,8051 + 0,8051 / 2 x 100 = 80,51 m ³

2,3 Beton K250 (f'c 20) untuk struktur drainase beton minor = 17,6 m³

Total Pekerjaan 17,6 m³

Jalan Gang Kiri

$$= 0,2 \times 1 \times 7 = 1,4 \text{ m}^3$$

$$= 0,2 \times 1 \times 8 = 1,6 \text{ m}^3$$

Akses Rumah Kiri

$$= 0,2 \times 1 \times 18 = 3,6 \text{ m}^3$$

Akses Rumah Kanan

$$= 0,2 \times 1 \times 35 = 7 \text{ m}^3$$

$$= 0,2 \times 1 \times 20 = 4 \text{ m}^3$$

2,4Baja Tulangan untuk sruktur drainase beton minor = 2033Kg

Akses ke rumah = $3,85 \times 6 \times 73 = 1686\text{Kg}$

Jalan Gang = $3,85 \times 6 \times 15 = 346,5\text{Kg}$

DIVISI 3 PEKERJAAN TANAH

3,1 Galian = 3355m³

Total Pekerjaan Galian = 3355m³

Kiri

Sta	Sta
0+000-	0+100 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+100-	0+200 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+200-	0+300 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+300-	0+400 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+400-	0+500 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+500-	0+600 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+600-	0+700 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+700-	0+800 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+800-	0+900 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+900-	1+000 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
1+000-	1+100 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$

Kanan

Sta	Sta
0+000-	0+100 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+100-	0+200 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+200-	0+300 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$
0+300-	0+400 = $1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned}
0+400-0+500 &= 1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3 \\
0+500-0+600 &= 1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3 \\
0+600-0+700 &= 1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3 \\
0+700-0+800 &= 1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3 \\
0+800-0+900 &= 1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3 \\
0+900-1+000 &= 1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3 \\
1+000-1+100 &= 1,5248 + 1,5248 / 2 \times 100 = 152,5 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

DIVISI 4 PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN

4,1 Lapis Pondasi Agregat Kelas S = 810,9 m³

$$0+000-1+100 = 0,7372 \times 1100 = 810,9 \text{ m}^3$$

DIVISI 5 PERKERASAN BETON

5,1 Perkerasan Beton Semen (f'c 15 Mpa) = 1299 m³

$$0+000-1+100 = 1,1805 \times 1100 = 1299 \text{ m}^3$$

5,2 Lapis Pondasi Bawah (*Cement Treated Subbase*) = 792,3 m³

$$0+000-1+100 = 0,7203 \times 1100 = 792,3 \text{ m}^3$$

5,3 Batang Pengikat untuk sambungan melintang = 1736 Kg

$$0+000-1+100 = 1,578 \times 0,75 \times 1467 = 1736 \text{ Kg}$$

5,4 Ruji untuk sambungan melintang = 8583 Kg

$$0+000-1+100 = 3,853 \times 0,45 \times 4950 = 8583 \text{ Kg}$$

DIVISI 6 PERKERASAN ASPAL

DIVISI 7 STRUKTUR

2,1 Beton Mutu Sedang f'c 20 Mpa = 4,831 m³

Gorong-Gorong

$$0+000-0+006 = 0,8051 \times 6 = 4,831 \text{ m}^3$$

2,2 Baja Tulangan U 24 Polos = 231 Kg

$$0+000-0+006 = 3,85 \times 6 \times 10 = 231 \text{ Kg}$$

DIVISI 8 PENGEMBALIAN KONDISI

2,1 Patok RMJ = 5 bh

kwt = 5 bh

2,2 Marka Jalan Termoplastik = 241,6 m²

$$0+000-0+100 = 180 \times 0,12 = 21,6 \text{ m}^2$$

$$0+000-0+100 = 1100 \times 0,1 \times 2 = 220 \text{ m}^2$$