

TESIS

**ANALISIS PERBAIKAN PERKERASAN PADA SIMPANG
BESERTA ANALISIS BIAYANYA
(Studi Kasus: Simpang Empat Giwangan
Pada Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri))**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Pascasarjana Strata Dua Konsentrasi
Manajemen Konstruksi**



**Disusun Oleh:
HESTU TYAS NINGSIH
NIM : 10914024**

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN

TESIS

**ANALISIS PERBAIKAN PERKERASAN PADA SIMPANG
BESERTA ANALISIS BIAYANYA**

**(Studi Kasus: Simpang Empat Giwangan
pada Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri))**



Oleh:

Nama : Hestu Tyas Ningsih

Nomor Mahasiswa : 10914024

Disetujui oleh :

Pembimbing I :
Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., A.U

Tanggal: 23/03/2017

Pembimbing II :
Ir. Subarkah, M.T

Tanggal: 23-03-2017

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

ANALISIS PERBAIKAN PERKERASAN PADA SIMPANG

BESERTA ANALISIS BIAYANYA

(Studi Kasus: Simpang Empat Giwangan

Pada Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri))

Disusun Oleh:

Hestu Tyas Ningsih

10914024

Telah Diuji di depan Dosen Penguji

Pada tanggal 17 Maret 2017

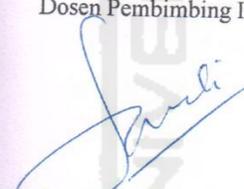
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Dosen Penguji

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dosen Penguji


(Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., A.U)


(Ir. Subarkah, MT)


(Dr. Tuti Sumarningsih, ST., MT)

Yogyakarta, 29 MAR 2017

Universitas Islam Indonesia
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil
Ketua Program,




(Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., A.U)

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

**“Analisis Perbaikan Perkerasan Pada Simpang beserta Analisis Biayanya
(Studi Kasus: Simpang Empat Giwangan Pada Ruas Jalan Yogyakarta -
Barongan Imogiri)”**

Benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam tesis ini. Apabila terbukti dilemudian hari bahwa tesis ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan dikembalikan kepada Rektor Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 20 Maret 2017

Yang membuat pernyataan,



Hestu Tyas Ningsih, S.T

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur kepada Allah SWT atas kenikmatan dan rahmat yang telah diberikan, terutama selama menyusun Tesis dengan judul **“Analisis Perbaikan Perkerasan Pada Simpang Beserta Analisis Biayanya. (Studi Kasus Simpang Empat Giangan Pada Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri))”** ini dapat diselesaikan. Shalawat dan salam senantiasa penulis sampaikan kepada junjungan kita tercinta, Nabi Muhammad SAW, beserta keluarganya, para sahabat, hingga para pengikutnya.

Tesis ini merupakan syarat untuk mencapai jenjang studi master (S2), pada Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Konsentrasi Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Masih terdapat banyak keterbatasan dalam penelitian dan penulisan Tesis ini, oleh karena itu penulis mohon maaf dan berharap akan ada pengembangan penelitian yang lebih baik dengan rekomendasi penelitian yang dikemukakan pada bagian akhir dari Tesis ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan material dan spiritual sehingga Tesis Akhir ini dapat terwujud, yaitu kepada :

1. Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., A.U, selaku dosen pembimbing Tesis, terima kasih atas bimbingan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Ir. Subarkah, M.T, selaku dosen pembimbing Tesis, terima kasih atas bimbingan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir
3. DR. Tuti Sumarningsih, S.T., M.T, selaku dosen penguji Tesis, terima kasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.

4. Nandang Sutrisno, S.H., LL.M., M.Hum., Ph.D, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
5. DR. Ing. Ir. Widodo, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
6. Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., A.U, selaku Ketua Prodi Pascasarjana Magister Teknik Sipil terima kasih atas bimbingan, nasehat dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani masa kuliah.
7. Seluruh dosen, pengajar dan karyawan/i bagian akademik Pascasarjana Magister Teknik Sipil, khususnya Konsentrasi Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
8. Suamiku, Mayor Lek. Helmi Romadhoni, terima kasih atas kesabaran dan dukungan yang diberikan.
9. Kedua orang tua, Bapak dan Ibu, terima kasih atas semua nasehat, bimbingan dan semangat yang diberikan sampai saya menyelesaikan studi ini.
10. Adik-adikku tersayang, terima kasih atas do'a dan dukungan yang telah diberikan.
11. Bapak Ir. Tjipto Haribowo, Bapak Sukismanto, ST, J Rio Laksana, ST, dan seluruh teman-teman Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil FTSP-UII, terima kasih atas semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama proses penulisan Tesis ini.
12. Semua pihak yang telah membantu atas tercapainya penelitian Tesis ini, diucapkan terimakasih sebesar-besarnya

Penulis berharap semoga Tesis ini dapat memberikan kontribusi bagi masyarakat pada umumnya, dunia Teknik Sipil pada khususnya.

Wassalamu'alaikum wr. wb

Yogyakarta, Maret 2017

Penulis

Hestu Tyas Ningsih, S.T

ABSTRAKSI

Semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi di daerah–daerah, khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta, akan diikuti pula dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan yang melintasi daerah tersebut, oleh karena itu peningkatan sarana dan prasarana transportasi yang ada menjadi sebuah keharusan. Peningkatan ruas-ruas jalan pada daerah-daerah yang dipandang penting untuk mencapai sasaran perlu dilakukan, tujuannya adalah memudahkan dan meningkatkan transportasi ruas jalan yang ada sehingga hubungan lalu-lintas antarwilayah menjadi lebih lancar dan mudah.

Seiring dengan berjalannya waktu dan masa layanan, kondisi jalan akan mengalami penurunan pada akhirnya, baik ditinjau dari tingkat pelayanan maupun kondisi strukturnya. Pertambahan volume lalu lintas akan menyebabkan penurunan layanan yang diakibatkan oleh menurunnya kapasitas jalan. Hal ini terkait dengan adanya peningkatan hambatan samping dan bertambahnya volume lalu lintas itu sendiri. Hal ini akan menyebabkan tingkat kejenuhan jalan meningkat.

Penelitian tentang Analisis Perbaikan Perkerasan Pada Simpang Beserta Analisis Biayanya (Studi Kasus: Simpang Empat Giwangan pada Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri)) yang dilakukan didapatkan hasil yaitu:

1. Struktur perkerasan yang tepat untuk perbaikan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) dapat dipilih struktur perkerasan beton semen (*rigid pavement*) pada alternatif 2 dengan lebar pekerjaan 7 meter. Adapun spesifikasi item pekerjaan dengan uraian yaitu:
 - a. perkerasan beton dengan tebal 20 cm,
 - b. plat per segmen dengan lebar 350 cm dan panjang 500 cm,
 - c. LMC (*lean mix concrete*) dengan tebal 10 cm,
 - d. sambungan melintang antar segmen berupa ruji polos (*dowel*) D32 dengan panjang 45 cm dan jarak antar ruji 30 cm, dan
 - e. baja ulir (*tie bar*) D16 dengan panjang 70 cm dan jarak antar ruji 75 cm, dengan fungsi *Tie bar* sebagai sambungan memanjang antar segmen.
2. Biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) dengan pilihan struktur perkerasan beton semen (*rigid pavement*) pada alternatif 2 sebesar Rp 449.053.000,-. Jika dibandingkan perbedaan biaya struktur perkerasan alternatif 1 dengan struktur perkerasan pada alternatif 2 terdapat selisih biaya sebesar 2,43%.

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAKSI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	9
3.1 Jalan.....	9
3.2 Klasifikasi Jalan.....	10
3.3 Kerusakan Jalan.....	12
3.4 Lapisan Perkerasan Jalan.....	22
3.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur.....	30
3.6 Perencanaan Tebal Lapis Tambah (<i>overlay</i>) Perkerasan Lentur.....	36
3.7 Penggantian Perkerasan Aspal Lama Dengan Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>).....	39
3.8 Analisis Biaya.....	43
BAB IV METODE PENELITIAN.....	58
4.1 Cara Penelitian.....	58
4.2 Analisa Data.....	60
4.3 Diagram Alir Pekerjaan.....	61
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	63
5.1 Survey dan Pengumpulan Data.....	63
5.2 Analisis Data.....	70
5.3 Analisis Biaya.....	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	85
6.1 Kesimpulan.....	85
6.2 Saran.....	

DAFTAR PUSTAKA.....
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Klasifikasi Jalan Raya Menurut Kelas Jalan.....	11
Tabel 3.2	Tabel Nominal Minimum Lapis Permukaan.....	26
Tabel 3.3	Umur Rencana Perkerasan Jalan.....	31
Tabel 3.4	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum Untuk Desain.....	33
Tabel 3.5	Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standar.....	35
Tabel 3.6	Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum.....	36
Tabel 3.7	Desain Perkerasan Lentur-Aspal Dengan Lapis Pondasi Berbutir.....	36
Tabel 3.8	Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Dengan Lalu Lintas Rendah.....	39
Tabel 3.9	Perkerasan Kaku Untuk Jalan Dengan Beban Lalu Lintas Rendah.....	40
Tabel 3.10	Diameter Ruji.....	42
Tabel 3.11	Faktor Efisiensi Alat.....	52
Tabel 4.1	Cara Penelitian.....	60
Tabel 4.2	Teknik Analisa Data.....	61
Tabel 5.1	Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual Berdasarkan Nilai RCI.....	64
Tabel 5.2	Hasil Survey RCI.....	66
Tabel 5.3	Hasil Survey Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) Arah Lalu Lintas Ruas Jalan Barongan – Yogyakarta.....	68
Tabel 5.4	Hasil Survey Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) Arah Lalu Lintas Ruas Jalan Yogyakarta - Barongan.....	68
Tabel 5.5	Hasil Resume Survey Lendutan Balik (<i>Benkelman Beam</i>).....	70
Tabel 5.6	Tebal Lapis Perkerasan Pada Pelebaran.....	71
Tabel 5.7	Rangkuman Dimensi Perbaikan Perkerasan.....	74
Tabel 5.8	Biaya Perbaikan Alternatif 1.....	76
Tabel 5.9	Biaya Perbaikan Alternatif 2.....	77
Tabel 5.10	Perbandingan Analisis Biaya.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri).....	2
Gambar 3.1	Retak Halus.....	12
Gambar 3.2	Retak Kulit Buaya.....	13
Gambar 3.3	Retak Pinggir.....	13
Gambar 3.4	Retak Sambungan Bahu dan Perkerasan.....	14
Gambar 3.5	Retak Sambungan Jalan.....	15
Gambar 3.6	Retak Sambungan Pelebaran Jalan.....	15
Gambar 3.7	Retak Refleksi.....	16
Gambar 3.8	Retak Susut.....	17
Gambar 3.9	Retak Slip.....	17
Gambar 3.10	Alur.....	18
Gambar 3.11	Keriting.....	19
Gambar 3.12	Sungkur.....	19
Gambar 3.13	Amblas.....	20
Gambar 3.14	Lubang.....	20
Gambar 3.15	Pelepasan Butir.....	21
Gambar 3.16	Pengelupasan Lapis Permukaan.....	21
Gambar 3.17	Kegemukan.....	22
Gambar 3.18	Penyebaran Beban Roda Melalui Perkerasan Jalan.....	23
Gambar 3.19	Komponen Struktur Perkerasan Lentur.....	24
Gambar 3.20	Penyebaran Beban Roda Pada Perkerasan Kaku.....	29
Gambar 3.21	Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen.....	29
Gambar 3.22	Hubungan Antara Lendutan Rencana dan Lalu Lintas	38
Gambar 3.23	Tebal Lapis Tambah.....	38
Gambar 3.24	Sambungan Pada Konstruksi Perkerasan Kaku.....	41
Gambar 3.25	Jarak Base Camp ke Sisi Terjauh.....	45
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian.....	62
Gambar 5.1	Kondisi Simpang di Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri).....	64
Gambar 5.2	Kondisi Permukaan Jalan STA 0+000.....	65
Gambar 5.3	Kondisi Permukaan Jalan STA 0+050.....	65
Gambar 5.4	Kondisi Permukaan Jalan STA 0+100.....	65
Gambar 5.5	Kondisi Perkerasan Eksisting.....	67
Gambar 5.6	Hasil Hubungan Antara Lendutan Rencana dan Lalu Lintas	72
Gambar 5.7	Hasil Tebal Lapis Tambah.....	72
Gambar 5.8	Desain Perkerasan Alternatif 1 (Arah Menuju Yogyakarta).....	75
Gambar 5.9	Desain Perkerasan Alternatif 2 (Arah Menuju Yogyakarta).....	75

DAFTAR LAMPIRAN

Perhitungan CESA Ruas Barongan – Yogyakarta.....	L-1
Perhitungan CESA Ruas Yogyakarta - Barongan.....	L-2
Analisis Biaya Perbaikan Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) Alternatif 1.....	L-3
Asumsi Perhitungan Alternatif 1.....	L-4
Analisis Biaya Perbaikan Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) Alternatif 2.....	L-5
Asumsi Perhitungan Alternatif 2.....	L-6
Analisis Biaya Pemeliharaan Perkerasan Aspal Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri).....	L-7
Analisa Harga Satuan Pemeliharaan Rutin Perkerasan Beton.....	L-8
Analisa Harga Satuan Injektor Plastik.....	L-9
Perhitungan Biaya Pemeliharaan Alternatif 1.....	L-10
Perhitungan Biaya Pemeliharaan Alternatif 2.....	L-11
Perekaman Analisa Harga Satuan Galian Biasa.....	L-12
Perekaman Analisa Harga Satuan Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Milling Machine	L-15
Perekaman Analisa Harga Satuan Galian Perkerasan Berbutir.....	L-18
Perekaman Analisa Harga Satuan Timbunan Pilihan dari Sumber Galian.....	L-21
Perekaman Analisa Harga Satuan Penyiapan Badan Jalan.....	L-25
Perekaman Analisa Harga Satuan Lapis Pondasi Agregat Kelas A.....	L-28
Perekaman Analisa Harga Satuan Perkerasan Jalan Beton.....	L-32
Perekaman Analisa Harga Satuan Lapis Pondasi Bawah Beton Kuru.....	L-36
Perekaman Analisa Harga Satuan Lapis Resap Pengikat – Aspal Cair.....	L-40
Perekaman Analisa Harga Satuan Lapis Perkat – Aspal Cair.....	L-43
Perekaman Analisa Harga Satuan Laston Lapis Aus (AC-WC).....	L-46
Perekaman Analisa Harga Satuan Laston Lapis Antara (AC-BC).....	L-50
Perekaman Analisa Harga Satuan Laston Lapis Pondasi (AC-Base).....	L-54
Perekaman Analisa Harga Satuan Baja Tulangan U32 Ulir.....	L-58
Perekaman Analisa Harga Satuan Pemeliharaan Rutin Perkerasan Aspal.....	L-60

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Aksesibilitas suatu wilayah amat menentukan tingkat perkembangan sosial ekonomi wilayah. Jaringan jalan sebagai urat nadi sosial ekonomi suatu wilayah mempunyai peran vital sebagai prasarana transportasi. Kinerja jaringan jalan yang menyangkut peran dan fungsinya amat dipengaruhi oleh kondisinya. Semakin mantap kondisi jaringan jalan tersebut, maka aksesibilitas untuk pertumbuhan sosial ekonomi wilayah akan semakin baik.

Semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi di daerah-daerah, khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta, akan diikuti pula dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan yang melintasi daerah tersebut, oleh karena itu peningkatan sarana dan prasarana transportasi yang ada menjadi sebuah keharusan. Peningkatan ruas-ruas jalan pada daerah-daerah yang dipandang penting untuk mencapai sasaran perlu dilakukan, tujuannya adalah memudahkan dan meningkatkan transportasi ruas jalan yang ada sehingga hubungan lalu-lintas antarwilayah menjadi lebih lancar dan mudah.

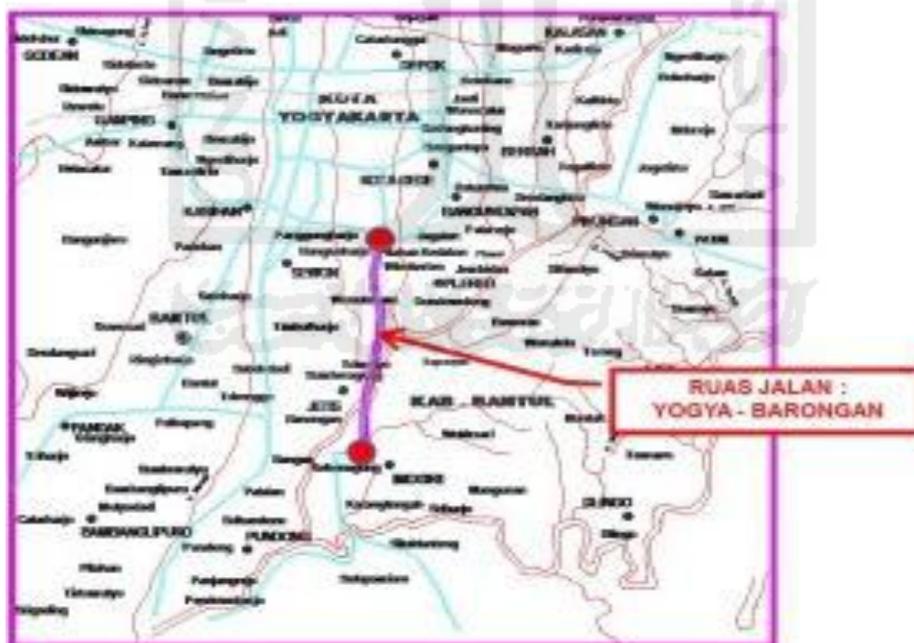
Seiring dengan berjalannya waktu dan masa layanan, kondisi jalan akan mengalami penurunan pada akhirnya, baik ditinjau dari tingkat pelayanan maupun kondisi strukturnya. Pertambahan volume lalu lintas akan menyebabkan penurunan layanan yang diakibatkan oleh menurunnya kapasitas jalan. Hal ini terkait dengan adanya peningkatan hambatan samping dan bertambahnya volume lalu lintas itu sendiri. Hal ini akan menyebabkan tingkat kejenuhan jalan meningkat.

Berdasarkan hasil survei/identifikasi yang dilakukan, beberapa ruas jalan di D.I.Yogyakarta sudah harus mendapatkan penanganan yang memadai, sehingga diharapkan ruas-ruas jalan tersebut tetap dapat berfungsi dalam mendukung

kelancaran arus lalu lintas barang dan penumpang. Penanganan tersebut dimaksudkan bukan hanya untuk mengatasi kerusakan dengan memperbaiki struktur konstruksi jalan, namun juga untuk meningkatkan kapasitas jalan secara memadai dan memperbaiki geometrik jalan yang ada.

Diantara ruas-ruas jalan yang ada di D.I. Yogyakarta, kawasan simpang empat membutuhkan perhatian lebih. Pada simpang empat di ruas-ruas jalan strategis sering dijumpai kemacetan dan kerusakan perkerasan. Hambatan-hambatan yang terjadi pada simpang empat biasanya adalah kurang lebarnya jalur dan umur perkerasan yang pendek karena terjadinya gaya rem yang mengakibatkan perkerasan aspal menjadi bergelombang pada area pemberhentian mendekati sinyal.

Salah satu ruas jalan yang mendapatkan prioritas penanganan perbaikan adalah ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) yang terletak di Kabupaten Bantul. Ruas jalan ini merupakan salah satu jalur tujuan wisata di Kabupaten Bantul dan juga merupakan jalur perdagangan. Ruas Jalan Yogya – Barongan dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri)

Sumber: Bidang Bina Marga DIY

Ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) adalah jalan kolektor yang terletak pada lengan sisi selatan simpang empat Giwangan. Jalan ini memiliki lebar 5 m yang terdiri dari 2 lajur 2 arah dan pada sta 0+000 terdapat persimpangan bersinyal yang kondisi perkerasannya rusak akibat gaya rem dan lajur yang sempit.

Berdasarkan data yang didapat dari Bidang Bina Marga DIY, diketahui bahwa kendaraan bermotor yang melintas di ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) setiap harinya mencapai lebih dari 30.000 kendaraan bermotor dan 500 kendaraan tidak bermotor. Hal ini menyebabkan antrian panjang di saat lampu sinyal menyala merah, dan karena lebar lajur yang tidak sesuai dengan Permen No. 34 Tahun 2006 (lebar jalan kolektor 7 m) sehingga kendaraan yang akan belok ke kiri tidak mendapatkan kesempatan. Oleh karena itu simpang empat ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) perlu perbaikan pada struktur perkerasan dan pelebaran badan jalan untuk meningkatkan kapasitasnya.

1. 2. Rumusan Masalah

Beberapa masalah yang dapat dirumuskan dari latar belakang di atas adalah sebagai berikut ini.

1. Struktur perkerasan apakah yang tepat untuk perbaikan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri)?
2. Berapakah besarnya biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan perkerasan jalan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri)?

1. 3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut.

1. Menentukan alternatif desain perkerasan yang tepat untuk perbaikan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri).
2. Menghitung estimasi biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan perkerasan jalan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri).

1. 4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini mempunyai manfaat:

1. memberikan alternatif solusi perbaikan menyangkut konstruksi maupun biaya pada simpang empat Giwangan di ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri), sehingga dapat memperlancar arus lalu lintas dan meningkatkan kenyamanan serta keamanan para pemakai jalan dan
2. hasil penelitian ini dapat juga digunakan untuk perbaikan simpang empat pada ruas-ruas jalan strategis terutama di sepanjang jalan lingkaran Yogyakarta, baik untuk jalan yang berstatus jalan nasional maupun jalan provinsi.

1. 5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Objek dalam penelitian ini adalah simpang empat Giwangan pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) Sta 0+00 sampai Sta 0+100.
2. Penelitian ini hanya membahas mengenai perkerasan jalan dan estimasi biayanya. Bahu jalan dan drainase tidak termasuk dalam penelitian.
3. Lebar eksisting perkerasan jalan adalah 5 meter dan direncanakan akan diperlebar menjadi 7 meter sesuai dengan Permen No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan.
4. Sistem perbaikan perkerasan jalan yang direncanakan akan diterapkan di simpang empat Giwangan pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) menggunakan dua alternatif sebagai berikut.

1) Alternatif pertama menggunakan 3 metode yaitu:

- i. penggantian aspal beton lama selebar 3,5 m dengan perkerasan beton semen (*rigid pavement*);
- ii. pelapisan ulang aspal (*overlay*) dengan lebar 1,5 m; dan
- iii. pelebaran dengan menggunakan aspal beton (*flexible pavement*) dengan lebar 2

<i>Bag 1: Rigid pavement</i>	<i>Bag 2: overlay</i>	<i>Bag 3: Flexible pavement</i>
--------------------------------------	---------------------------	---

m.

2) Alternatif kedua, ketiga bagian menggunakan metode perkerasan beton semen (*rigid pavement*).

5. Umur rencana untuk kedua alternatif yang diusulkan adalah 20 tahun.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan jalan diletakkan di atas tanah dasar, dengan demikian secara keseluruhan mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau di dekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat (Sukirman, 1999).

Penyebab kerusakan jalan adalah akibat beban roda kendaraan berat yang lalu lalang (berulang-ulang), kondisi muka air tanah yang tinggi, akibat dari salah pada waktu pelaksanaan, dan juga bisa akibat kesalahan perencanaan (Bachnas, 2009). Kerusakan jalan disebabkan antara lain karena beban lalu lintas berulang yang berlebihan (*overloaded*), panas/suhu udara, air dan hujan, serta mutu awal produk jalan yang jelek. Oleh sebab itu disamping direncanakan secara tepat, jalan harus dipelihara dengan baik agar dapat melayani pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana. Pemeliharaan rutin jalan maupun berkala perlu dilakukan untuk mempertahankan keamanan dan kenyamanan jalan bagi pengguna dan menjaga daya tahan/keawetan sampai umur rencana (Suwardo; Sugiharto, 2004)

Di dalam lampiran Peraturan Menteri PUPR No. 47/PRT/M/2015 tentang Penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang Infrastruktur tertulis penanganan ruas-ruas jalan prioritas didasarkan pada kondisi permukaan jalan. Untuk mendapatkan nilai kondisi jalan tersebut, dapat diperoleh menggunakan 2 (dua) metoda terukur. Pertama menggunakan alat survei (NAASRA Meter, ROMDAS, Roughometer dll) dan yang kedua menggunakan cara visual berupa penggunaan Tabel RCI (*Road Condition Index*).

Waluyo, Nuswantoro, dan Lendra (2008) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk perkerasan kaku,

perkerasan lentur dan untuk mengetahui perbandingan biaya antara konstruksi perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. Perencanaan tebal perkerasan menggunakan analisis komponen dari Metode Bina Marga untuk lapis pondasi agregat dan metode yang dikembangkan oleh NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities) untuk pondasi beton. Data yang diperlukan adalah rincian volume pekerjaan, daftar harga satuan, analisa harga satuan, analisa alat berat dan gambar pekerjaan. Dari hasil analisis biaya menunjukkan bahwa perkerasan kaku membutuhkan biaya sebesar Rp. 5.310.421.058 dan perkerasan lentur membutuhkan biaya sebesar Rp. 4.028.077.446 dengan persentase penghematan biaya sebesar 24,15 % terhadap biaya perkerasan kaku.

Cahyono (2010) dalam penelitiannya menyatakan bahwa berdasarkan data hasil penelitian pada ruas jalan *Outer ringroad* Kota Madiun dan analisa data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kerusakan yang terjadi pada ruas jalan *Outer Ringroad* Kota Madiun cukup tinggi, dan guna memberikan rasa nyaman bagi pengguna jalan dan dengan pertimbangan antara lain konstruksi, pemeliharaan dan perbaikan, maka konstruksi perkerasan jalan memerlukan perbaikan struktural dengan metode komposit CTRB dan Laston dengan tebal CTRB 30 cm, tebal Laston 5 cm dan biaya pelaksanaan Rp.6.211.861.700,00.

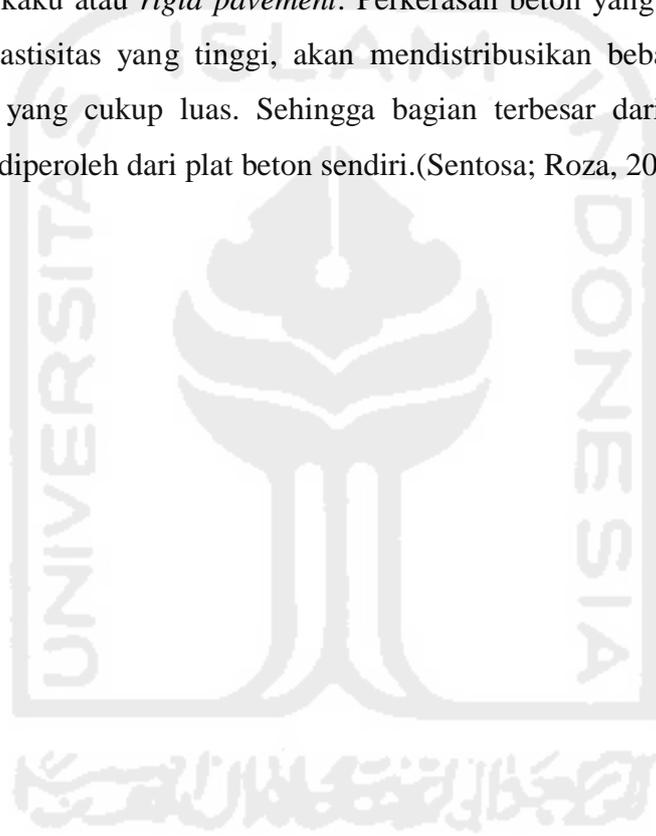
Penelitian yang dilakukan oleh Andriyanto (2010) menyatakan bahwa pada Ruas Jalan Nguter – Wonogiri setelah dilakukan analisa dan pembahasan, maka berdasarkan hasil analisa desain dipakai 3 metode perbaikan jalan dengan umur rencana 20 tahun yaitu:

- a. *overlay* Laston setebal 20 cm, perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) setebal 15 cm, dan *CTRB* setebal 21 cm yang dilapisi Laston setebal 14 cm; dan
- b. berdasarkan hasil analisa perhitungan biaya maka diperoleh biaya dari ketiga metode perbaikanyaitu sebesar: biaya *overlay* sebesar Rp. 10.324.301.200,00, perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) sebesar Rp. 10.507.726.300,00, dan *CTRB* lapis Laston sebesar Rp. 11.100.477.900,00.

Jurnal rekayasa vol 13 yang ditulis oleh Isneini (2009) menyatakan beton, mortar atau *grout* yang dimodifikasi dengan menambahkan polimer, polimer ditambahkan sebagai matrik memiliki beberapa keuntungan bagi pekerjaan

perbaikan, keuntungan-keuntungan ini meliputi kekuatan yang tinggi pada umur dini, kemampuan untuk dicor pada temperatur di bawah titik beku memiliki kekuatan lekat yang baik, durabilitas yang tinggi walaupun bila harus digunakan pada kondisi yang akan merusak beton biasa. Sebagai polimer biasanya digunakan *epoxy, polyurethane, unsaturated polyester, methyl methacrylate* dan lain-lain.

Perkerasan kaku merupakan perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi bila dibandingkan dengan perkerasan lentur, sehingga lebih sering disebut dengan perkerasan kaku atau *rigid pavement*. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas. Sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. (Sentosa; Roza, 2012).



BAB III

LANDASAN TEORI

Landasan teori digunakan dalam suatu penelitian sebagai dasar untuk mengembangkan suatu permasalahan yang dihadapi. Pada bab ketiga ini akan dijabarkan landasan teori yang mendukung penelitian tentang perbaikan perkerasan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri).

3.1. Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Clarkson dan H.Oglesby,1999).

Untuk memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan, maka konstruksi perkerasan jalan haruslah memenuhi persyaratan-persyaratan fungsional dan struktural.

a. Fungsional

Secara fungsional perkerasan tersebut harus memberikan rasa aman dan kenyamanan dalam berkendara bagi pengguna jalan dengan ketentuan yaitu:

- 1) permukaan rata, tidak bergelombang dan tidak berlubang;
- 2) permukaan perkerasan cukup kesat (*skid resistance*) sehingga tidak mudah

slip;

- 3) permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di permukaan dapat dengan cepat dialirkan ke saluran samping.

b. Struktural

Secara struktural perkerasan harus mampu memikul dan menyalurkan beban lalu lintas ke tanah dasar dengan ketentuan yang harus dipenuhi sebagai berikut.

- 1) Mempunyai ketebalan yang cukup, sehingga dapat menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- 2) Kedap terhadap air (impermeable), sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- 3) Perkerasan mampu menahan regangan dan tegangan akibat beban lalu lintas.
- 4) Permukaan yang cukup kaku sehingga tidak mudah terjadi retak ataupun deformasi akibat beban lalu lintas.

3.2. Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan dibagi menjadi dua macam yaitu klasifikasi jalan menurut fungsi dan klasifikasi jalan menurut kelas jalan.

a. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi.

Klasifikasi menurut fungsi jalan terdiri atas 3 (tiga) golongan berikut ini.

- 1) Jalan arteri yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- 2) Jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- 3) Jalan lokal yaitu Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

- 4) Jalan lingkungan adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah.

b. Klasifikasi menurut kelas jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton seperti ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Klasifikasi jalan raya menurut kelas jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat/ MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	III A	8
	III B	

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga, 1997*

Sukirman (2010) mengatakan bahwa pengelompokan jalan menurut kelas jalan terbagi dalam 4 (empat) kelas.

- 1) Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18,0 m, ukuran paling tinggi 4,2 m, dan muatan sumbu terberat 10 ton.
- 2) Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 12,0 m, ukuran paling tinggi 4,2 m, dan muatan sumbu terberat 8 ton.
- 3) Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,1

m, ukuran panjang tidak melebihi 9,0 m, ukuran paling tinggi 3,5 m, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

- 4) Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2,5 m, ukuran panjang melebihi 18,0 m, ukuran paling tinggi 4,2 m, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

3.3. Kerusakan Jalan

Sesuai dengan Manual Pemeliharaan Jalan No. 03/MN/B/1983 kerusakan jalan dikelompokkan menjadi 6 (enam), yaitu retak, distorsi, cacat permukaan, pengausan, kegemukan, dan penurunan pada bekas penanaman utilitas. Masing-masing kelompok kerusakan akan dijelaskan pada keterangan berikut ini.

1. Retak

Keretakan yang terjadi pada permukaan jalan dibedakan menjadi 9 jenis.

- a. Retak halus (*hair cracks*), yaitu retak dengan lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm. Retak rambut berkembang menjadi retak kulit buaya.



Gambar 3.1. Retak Halus

(Sumber: data primer)

Kemungkinan penyebab retak halus adalah kualitas material yang kurang baik, pelapukan permukaan, air tanah pada badan perkerasan jalan, tanah dasar/lapisan di bawah permukaan yang kurang stabil.

- b. Retak kulit buaya (*alligator crack*), yaitu retak dengan lebar celah lebih besar dari 3 mm yang saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya.



Gambar 3.2. Retak Kulit Buaya

(*Sumber:* data primer)

Retak halus yang tidak segera ditangani akan berkembang menjadi retak kulit buaya.

- c. Retak pinggir (*edge cracks*), yaitu retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu.



Gambar 3.3. Retak Pinggir

(*Sumber:* data primer)

Retak pinggir terjadi akibat tidak baiknya sokongan dari samping, drainase kurang baik, terjadinya penyusutan pada tanah, dan terjadinya settlement di daerah tersebut.

- d. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*), yaitu retak memanjang yang terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan jalan. Umumnya terjadi pada daerah sambungan perkerasan dengan bahu jalan yang beraspal.



Gambar 3.4. Retak Sambungan Bahu dan Perkerasan
(Sumber: data primer)

Retak dapat disebabkan oleh kondisi drainase dibawah bahu jalan lebih buruk daripada di bawah perkerasan, terjadinya settlement di bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truk/kendaraan berat di bahu jalan.

- e. Retak sambungan jalan (*lane joint cracks*), yaitu retak memanjang yang terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas.



Gambar 3.5. Retak Sambungan Jalan

(Sumber: data primer)

Hal ini disebabkan tidak baiknya ikatan sambungan kedua lajur. Jika tidak diperbaiki, retak dapat berkembang menjadi lebar karena terlepasnya butir-butir pada tepi retak dan meresapnya air ke dalam lapisan.

- f. Retak sambungan pelebaran jalan (*widening cracks*), yaitu retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran.



Gambar 3.6. Retak Sambungan Pelebaran Jalan

(Sumber: data primer)

Retak pada sambungan pelebaran jalan ini disebabkan oleh perbedaan daya dukung di bawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama, dapat juga disebabkan oleh ikatan antara sambungan tidak baik.

- g. Retak refleksi (*reflection cracks*), yaitu retak memanjang, melintang, diagonal, atau membentuk kotak sebagai pola retakan di bawahnya.



Gambar 3.7. Retak Refleksi

(Sumber: data primer)

Retak ini biasanya terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Retak refleksi dapat terjadi jika retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki secara tepat sebelum pekerjaan *overlay* dilakukan. Dapat pula terjadi gerakan vertikal/horisontal di bawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansif.

- h. Retak susut (*shrinkage cracks*), yaitu retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut yang tajam, akibat perubahan volume pada lapis permukaan.



Gambar 3.8. Retak Susut

(Sumber: data primer)

Retak disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar.

- i. Retak slip (*slippage cracks*), yaitu retak yang bentuknya melengkung seperti sabit, akibat kurang baiknya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya.



Gambar 3.9. Retak Slip

(Sumber: data primer)

Kurang baiknya ikatan dapat disebabkan oleh adanya debu, minyak, air, atau benda nonadhesif lainnya, atau akibat tidak diberinya tack coat sebagai bahan pengikat diantara kedua lapisan. Retak slip juga dapat terjadi akibat terlalu banyaknya pasir dalam campuran lapisan permukaan, atau kurang baiknya pemadatan lapis permukaan.

2. Distorsi

Distorsi atau perubahan bentuk disebabkan oleh lemahnya tanah dasar atau pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas.

Distorsi dibedakan menjadi 5 jenis.

- a. Alur (*rutting*), terjadi pada lintasan roda kendaraan yang sejajar dengan sumbu jalan, akibat terjadinya tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Alur dapat menjadi genangan air yang mengakibatkan timbulnya kerusakan yang lain.

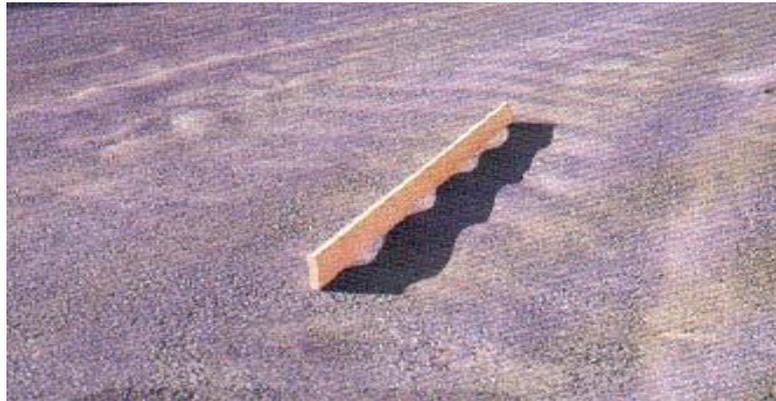


Gambar 3.10. Alur

(Sumber: data primer)

- b. Keriting (*corrugation*), alur yang terjadi dalam arah melintang jalan, akibat rendahnya stabilitas struktur perkerasan,

Contoh Permukaan Keriting



Gambar 3.11. Keriting

(Sumber: data primer)

- c. Sungkur (*solving*), deformasi plastis yang terjadi setempat, biasanya di tempat kendaraan sering berhenti, kelandaian curam, atau tikungan tajam.



Gambar 3.12. Sungkur

(Sumber: data primer)

- d. Amblas (*grade depressions*), terjadi setempat pada ruas jalan. Amblas dapat dideteksi dengan adanya genangan air setempat. Adanya amblas mempercepat terjadinya lubang pada perkerasan jalan.



Gambar 3.13. Amblas
(Sumber: data primer)

- e. Jembul (*upheaval*), terjadi setempat pada ruas jalan, yang disebabkan adanya pengembangan tanah dasar akibat adanya tanah ekspansif.

3. Cacat Permukaan

Cacat permukaan biasanya merupakan kerusakan muka jalan akibat kimiawi dan mekanis material lapis permukaan. Cacat permukaan dibedakan menjadi 3 jenis.

- a. Lubang (*potholes*), berupa mangkuk, berukuran bervariasi dari kecil sampai dengan besar. Lubang menjadi tempat berkumpulnya air yang dapat meresap ke lapisan di bawahnya yang menyebabkan kerusakan semakin parah.



Gambar 3.14. Lubang
(Sumber: data primer)

- b. Pelepasan butir (*raveling*) lapis permukaan, akibat buruknya material yang digunakan, adanya air yang terjebak, atau kurang baiknya pelaksanaan konstruksi.



Gambar 3.15. Pelepasan Butir

(Sumber: data primer)

- c. Pengelupasan lapis permukaan (*stripping*), akibat kurang baiknya ikatan antara aspal dengan agregat atau terlalu tipisnya lapis permukaan.



Gambar 3.16. Pengelupasan Lapis Permukaan

(Sumber: data primer)

4. Pengausan

Pengausan (*polished agregat*) yaitu permukaan jalan licin sehingga mudah terjadi slip yang membahayakan lalu lintas. Pengausan terjadi akibat ukuran,

bentuk, dan jenis agregat yang digunakan untuk lapis aus tidak memenuhi mutu yang disyaratkan.

5. Kegemukan

Kegemukan (*bleeding*) yaitu naik dan melelehnya aspal pada temperatur tinggi. Kegemukan yang mengakibatkan jejak roda kendaraan pada permukaan jalan dan licin disebabkan oleh penggunaan aspal yang terlalu banyak.



Gambar 3.17. Kegemukan
(Sumber: data primer)

6. Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas

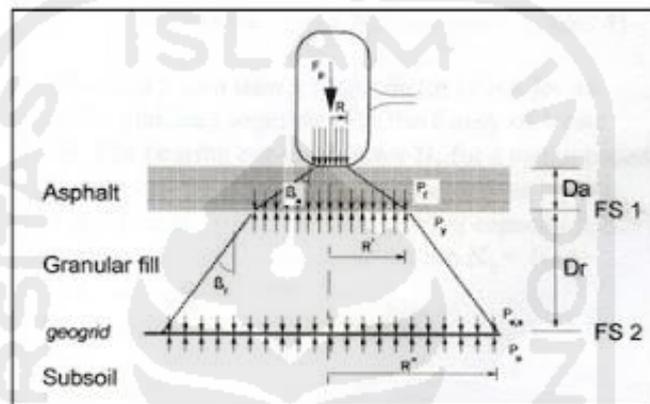
Penurunan pada penanaman utilitas (*utility cut depressions*) yaitu kerusakan yang terjadi akibat ditanamnya utilitas pada bagian perkerasan jalan dan tidak dipadatkan kembali dengan baik. Hal ini dapat mengakibatkan distorsi pada permukaan dan berlanjut dengan kerusakan lainnya.

3.4. Lapisan Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi atas dua kategori, yaitu lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

3.4.1. Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata P_0 . Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi P_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18. Penyebaran beban roda melalui lapisan perkerasan jalan

(Sumber: Oetomo dan Susanto, 2011)

Konstruksi perkerasan lentur jalan raya terdiri dari 4 (empat) lapisan yang makin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin jelek, yaitu:

- lapisan permukaan (*surface course*);
- lapisan pondasi atas (*base course*);
- lapisan pondasi bawah (*subbase course*); dan
- lapisan tanah dasar (*subgrade*).

Jenis struktur perkerasan yang diterapkan dalam desain menurut Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013 terdiri atas 3 jenis seperti ditampilkan pada Gambar 3.19.



a Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)



b Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Timbunan



c Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Galian

Gambar 3.19. Komponen Struktur Perkerasan Lentur

(Sumber: Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013)

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) yaitu:

- muatan kendaraan berupa gaya vertikal,
- gaya rem kendaraan berupa gaya horizontal, dan
- pukulan roda kendaraan berupa getaran – getaran.

Oleh karena sifat penyebaran gaya, maka muatan yang diterima oleh masing – masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja.

3.4.1.1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan (*surface course*) yang mempunyai fungsi seperti berikut ini.

- a. Lapisan perkerasan penahan beban roda, mempunyai persyaratan stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapisan kedap air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*), menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- d. Lapis yang dimaksudkan untuk menyebarkan beban roda ke lapisan bawah, sehingga beban dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih buruk.

Bahan untuk lapis permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapis pondasi dengan persyaratan lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu mempertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi agar dicapai manfaat sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

Sukirman (2010) mengatakan ketika menentukan tebal setiap lapisan, perencana perlu memperhatikan tebal nominal minimum dari jenis lapis

permukaan yang dipilih. Tebal nominal minimum dari berbagai jenis lapis permukaan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tabel Nominal Minimum Lapis Permukaan

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (mm)	Toleransi Tebal (mm)
Latasir kelas A		SS-A	15	-
Latasir kelas B		SS-B	20	
Lataston	Lapis aus	HRS-WC	30	± 4
	Lapis permukaan antara	HRS-BC	35	
Laston	Lapis aus	AC-WC	40	± 3
	Lapis permukaan antara	AC-BC	50	± 4
	Lapis pondasi	AC-Base	60	± 5

Sumber: Sukirman, 2010

3.4.1.2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas (*base course*) adalah lapisan struktur perkerasan jalan yang terletak di bawah lapis permukaan dan di atas lapis pondasi bawah, atau langsung di atas tanah dasar apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Karena terletak tepat di bawah permukaan perkerasan, maka lapisan ini menerima pembebanan yang berat dan paling menderita akibat muatan, oleh karena itu material yang digunakan harus berkualitas sangat tinggi dan pelaksanaan konstruksi harus dilakukan dengan cermat. Lapis pondasi atas mempunyai fungsi yaitu:

- a. sebagai bagian konstruksi perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya dan
- b. sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

Bahan–bahan untuk lapis pondasi atas harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban–beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik.

Beragam-macam bahan alam/setempat ($CBR > 50\%$, Plastisitas Index (PI) $< 4\%$) dapat digunakan sebagai lapis pondasi, antara lain, batu pecah, kerikil pecah yang distabilisasi dengan semen, aspal, pozzolan, atau kapur.

3.4.1.3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah (*subbase course*) adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Biasanya terdiri atas lapisan dari material berbutir (*granular material*) yang dipadatkan, distabilisasi atau tidak, atau lapisan yang distabilisasi. Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai:

- a. bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebar beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai $CBR \geq 20\%$ dan Plastisitas Index $\leq 10\%$,
- b. mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya (penghematan biaya konstruksi),
- c. lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi,
- d. lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat berat, dan
- e. mencegah partikel-partikel dari tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi atas.

3.4.1.4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah setebal 50-100 cm dimana di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang dapat berupa tanah asli yang dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya.

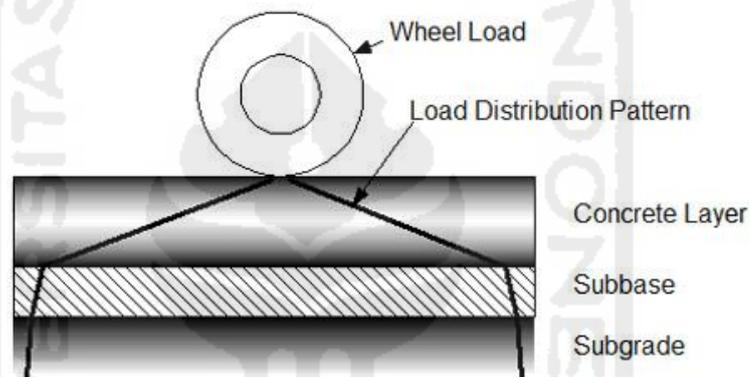
Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Beberapa persoalan tanah dasar yang sering ditemui diuraikan seperti berikut ini.

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari jenis tanah tertentu sebagai akibat beban lalu lintas. Perubahan bentuk yang besar akan mengakibatkan jalan rusak. Tanah-tanah dengan plastisitas tinggi cenderung mengalami perubahan bentuk. Lapisan-lapisan tanah lunak yang terdapat di bawah tanah dasar harus diperhatikan. Daya dukung tanah dasar yang ditunjukkan oleh nilai CBR dapat menjadi indikasi atas perubahan bentuk pada tanah tersebut.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah akibat perubahan kadar air. Hal ini dapat dikurangi dengan memadatkan tanah pada kadar air optimum mencapai kepadatan tertentu sehingga perubahan volume yang mungkin terjadi dapat dikurangi. Kondisi drainase yang baik dapat menjaga kemungkinan berubahnya kadar air pada lapisan tanah dasar.
- c. Daya dukung tanah tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dan jenis tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan konstruksi. Perencanaan tebal perkerasan dapat dibuat berbeda-beda dengan membagi jalan menjadi segmen-segmen berdasarkan sifat tanah yang berlainan.
- d. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas untuk jenis tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan konstruksi.

3.4.2. Lapisan perkerasan kaku/perkerasan beton semen (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku/perkerasan beton semen (*rigid pavement*) adalah struktur perkerasan jalan yang terdiri atas plat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Perkerasan beton semen dibedakan dalam 4 (empat) jenis, yaitu:

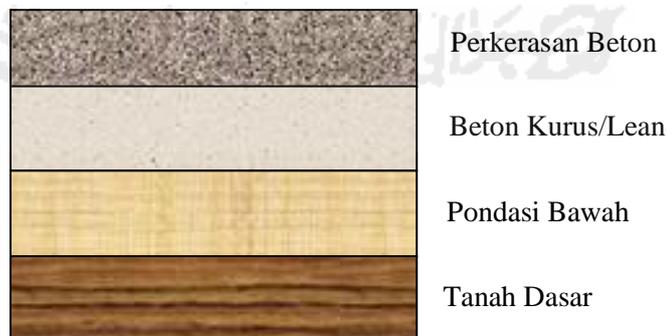
- perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan;
- perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan;
- perkerasan beton semen menerus dengan tulangan; dan
- perkerasan beton semen pra tegang.



Gambar 3.20. Penyebaran beban roda pada perkerasan kaku

(Sumber: theconstructor.org/transportation)

Struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagaimana terlihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21. Tipikal struktur perkerasan beton semen

(Sumber: Sukismanto, 2010)

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor – faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan, perubahan kadar air selama masa pelayanan.

Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang mempunyai fungsi:

- a. mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar;
- b. mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi plat;
- c. memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada plat; dan
- d. sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Perkerasan kaku (sebagaimana digunakan untuk lalu lintas ringan/berat) akan lebih mahal untuk lalu lintas ringan/sedang, daerah desa atau perkotaan dimana pelaksanaannya tidak begitu mengganggu pada daerah tersebut, dibandingkan perkerasan lentur. Perkerasan kaku dapat menjadi pilihan yang lebih murah untuk jalan perkotaan dengan akses terbatas bagi kendaraan yang sangat berat. Pelaksanaan perkerasan kaku akan lebih mudah dan cepat daripada perkerasan lentur jika ruang kerjanya terbatas.

3.5. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Dalam proses perencanaan tebal perkerasan lentur terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan yaitu umur rencana, beban lalu lintas, daya dukung tanah dasar, dan fungsi jalan.

3.5.1. Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah waktu dalam tahun yang dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan baru (Pt T-01-2002-B). Umur rencana perkerasan diuraikan pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3. Umur Rencana Perkerasan Jalan

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

Sumber: 02M/BM2013

3.5.2. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban Sumbu Standar Kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana.

$$ESA = \left(\sum_{\text{jenis kendaraan}} LHRT \times VDF \right) \quad (3.1)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \quad (3.2)$$

Keterangan:

ESA = Lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standart axle*)

LHRT = Lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

$CESA$ = Kumulatif beban standar ekivalen selama umur rencana (*Cumulative Equivalent Single Axle Load*)

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

3.5.3. Traffic Multiplier (TM)

Traffic Multiplier (TM) digunakan untuk mengoreksi ESA_4 akibat kelelahan lapisan aspal. Nilai TM kelelahan lapisan aspal ($TM_{\text{lapisan aspal}}$) untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 – 2.

$$ESA_4 = LHRT \times VDF_4 \quad (3.3)$$

Nilai $CESA$ tertentu (pangkat 4) untuk desain perkerasan lentur harus dikalikan dengan TM untuk mendapatkan nilai $CESA_5$ dengan rumus berikut ini.

$$ESA_5 = TM_{\text{lapisan aspal}} \times ESA_4 \quad (3.4)$$

3.5.4. Perkiraan Faktor Kerusakan Akibat Beban Kendaraan (*Vehicle Damage Factor*)

Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting. Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari data:

- studi jembatan timbang/timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain;
- studi jembatan timbang yang pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain;
- Tabel 3.5; dan
- data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Teknik.

3.5.5. Analisis Volume Lalu Lintas

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

- survey lalu lintas aktual, dengan durasi minimal 3 x 24 jam, dan
- hasil-hasil survey yang dilakukan sebelumnya.

3.5.6. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka Tabel 3.4 dapat digunakan sebagai nilai minimum.

Tabel 3.4. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum Untuk Desain

Kelas Jalan	2011 - 2020	>2021 – 2030
Arteri dan perkotaan (%)	5	4
Kolektor rural (%)	3,5	2,5
Jalan desa (%)	1	1

Sumber: 02/M/BM/2013

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut ini.

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR} - 1}{0.01i} \quad (3.5)$$

Keterangan: R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = Tingkat pertumbuhan tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

3.5.7. Pondasi Jalan

Desain pondasi jalan adalah desain perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*capping*), tiang pancang mikro, drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*) atau penanganan lainnya yang dibutuhkan untuk memberikan landasan pendukung struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku dan sebagai akses untuk lalu lintas konstruksi pada musim hujan.

Empat kondisi lapangan yang mungkin terjadi dan harus dipertimbangkan dalam prosedur desain pondasi jalan yaitu:

- a. kondisi tanah dasar normal, dengan ciri-ciri nilai CBR lebih dari 3% dan dipadatkan secara mekanis, desain ini meliputi perkerasan di atas timbunan, galian, atau tanah asli;
- b. kondisi tanah dasar langsung di atas timbunan rendah (kurang dari 3 m) di atas tanah lunak aluvial jenuh. Prosedur laboratorium untuk penentuan CBR tidak dapat digunakan untuk kasus ini karena optimasi kadar air dan pemadatan secara mekanis tidak mungkin dilakukan di lapangan. Lebih lanjutnya, tanah asli akan menunjukkan kepadatan rendah dan daya dukung yang rendah sampai kedalaman yang signifikan yang membutuhkan prosedur stabilisasi khusus;
- c. kasus yang sama dengan kondisi poin b namun tanah lunak aluvial kondisi kering. Prosedur laboratorium untuk penentuan CBR memiliki validitas yang terbatas karena tanah dengan kepadatan rendah dapat muncul pada kedalaman pada batas yang tidak dapat dipadatkan dengan peralatan konvensional. Kondisi ini membutuhkan prosedur stabilisasi khusus; dan
- d. tanah dasar di atas timbunan di atas tanah gambut.

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 untuk menentukan tebal pondasi jalan minimum disajikan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.5. Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standarp

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA/kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF ⁴ Pangkat ⁴	VDF ⁵ Pangkat ⁵
1	1	Sepeda motor	1.1.		2	30,4			
2,3,4	2,3,4	Sedan/angkot/pick up/station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
6a.1	6.1	Truck 2 sumbu-cargo ringan	1.1	Muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truck 2 sumbu-ringan	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truck 2 sumbu-cargo sedang	1.2	Muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truck 2 sumbu-sedang	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truck 2 sumbu-berat	1.2	Muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truck 2 sumbu-berat	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
7a1	9.1	Truck 3 sumbu-ringan	1.22	Muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
7a2	9.2	Truck 3 sumbu-sedang	1.22	Tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
7a3	9.3	Truck 3 sumbu-berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	Truck 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	90,4
7c1	11	Truck 4 sumbu-trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	Truck 5 sumbu-trailer	1.22-22		5	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truck 5 sumbu-trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
7c3	14	Truck 6 sumbu-trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7

Sumber: 02/M/BM/2013

Tabel 3.6. Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi jalan	lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA _s)		
				< 2	2 - 4	> 4
≥ 6	SG6	A	Perbaiki tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤200 mm tebal lepas)	Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
5	SG5			Tidak perlu peningkatan		
4	SG4				100	
3	SG3			100	150	200
2.5	SG2.5			150	200	300
Tanah ekspansif (<i>potential swell</i> > 5%)		AE		175	250	350
Perkerasan lentur diatas tanah lunak ⁵	SG1 aluvial ¹	B	Lapis penopang (<i>capping layer</i>) ⁽²⁾⁽⁴⁾	400	500	600
			Atau lapis penopang dan geogrid ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1100	1200
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir ⁽²⁾⁽⁴⁾	650	750	850
				1000	1250	1500

- (1) Nilai CBR lapangan CBR rendaman tidak relevan.
- (2) Datas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekuivalen 2,5%.
- (3) Ketentuan tambahan mungkin berlaku, desain harus mempertimbangkan semua isu kritis.
- (4) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan (tanah lunak kering pada saat konstruksi).
- (5) Ditandai oleh kepadatan yang rendah dan CBR lapangan yang rendah di bawah daerah yang dipadatkan

Sumber: 02/M/BM/2013

Untuk menentukan tebal lapis perkerasan menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 dapat menggunakan Tabel 3.7

Tabel 3.7. Desain Perkerasan Lentur-Aspal Dengan Lapis Pondasi Berbutir

Solusi yang dipilih	STRUKTUR PERKERASAN								
	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	FF7	FF8	FF9
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun di lajur rencana (pangkat 5) (10 ⁶ CESA _s)	1 - 2	2 - 4	4 - 7	7 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC binder	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	1	2	2	3	3	3	3	3

Sumber: 02/M/BM/2013

3.6. Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*overlay*) Perkerasan Lentur

Lapis tambah pada perkerasan lentur atau sering disebut dengan *overlay* merupakan penanganan jalan untuk memperbaiki perkerasan eksisting yang mengalami kerusakan struktural. Penanganan semacam ini seringkali

dimaksudkan untuk memperbaiki fungsi jalan misalnya penanganan bentuk permukaan, kenyamanan dan kepentingan lain pada permukaan jalan. Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk merencanakan tebal lapis tambah (*overlay*) adalah perhitungan lalu lintas dan lendutan.

3.6.1. Perhitungan Lalu Lintas

Perhitungan lalu lintas ditentukan dengan cara menghitung akumulasi beban sumbu lalu lintas (*CESA*) selama umur rencana seperti yang ditampilkan pada persamaan (3.1) dan persamaan (3.2).

3.6.2. Lendutan

Pemeriksaan struktur perkerasan lama dilakukan melalui pengujian lendutan dengan menggunakan alat *Benkelman Beam (BB)*. Nilai lendutan jalan merupakan nilai dari lendutan balik maksimum pada tiap-tiap lokasi titik uji hasil dari *Benkelman Beam Test*. Untuk menentukan tebal pelapisan ulang (*overlay*) maka ditentukan dengan rumus berikut ini.

$$D_{\text{rencana}} (\text{jalan kolektor}) = D_{\text{rata-rata}} + 1,64 \times SD \quad (3.6)$$

Keterangan:

D_{rencana} = Lendutan balik rencana (mm)

$D_{\text{rata-rata}}$ = Lendutan balik rata-rata (mm)

SD = Standart Deviasi

Menurut Pd T-05-2005-B, D_{rencana} untuk lendutan dengan alat *Benkelman Beam (BB)* dapat menggunakan rumus berikut ini.

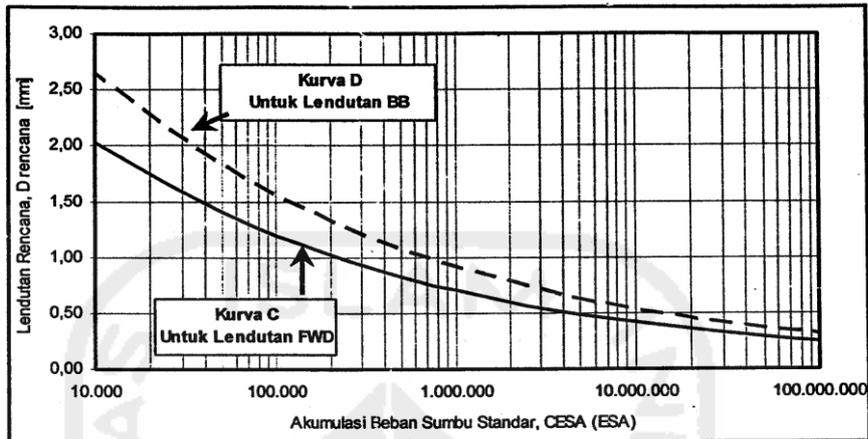
$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times CESA^{(-0,2307)} \quad (3.8)$$

Keterangan:

D_{rencana} = lendutan rencana, dalam satuan milimeter

$CESA$ = akumulasi ekivalen beban sumbu standar, dalam satuan *ESA*

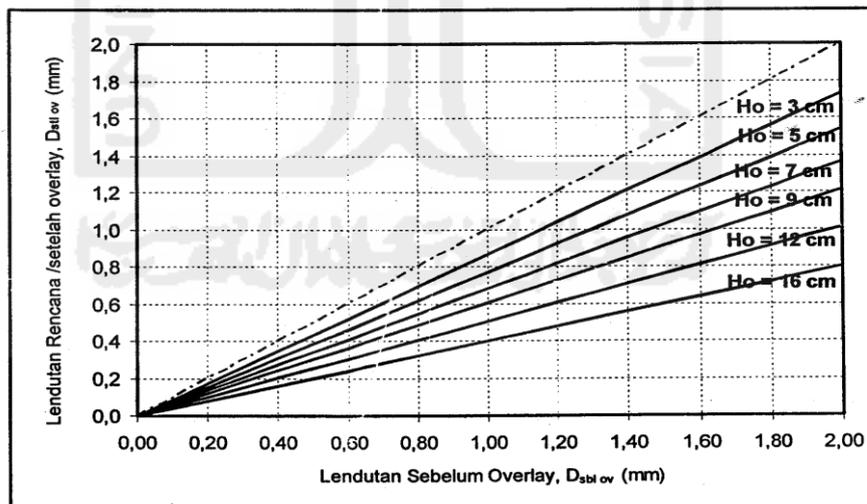
Selain dihitung dengan rumus di atas, $D_{rencana}$ dapat diperoleh dengan menggunakan grafik seperti pada Gambar 3.22.



Sumber: Pd T-05-2005-B

Gambar 3.22. Hubungan antara lendutan rencana dan lalu lintas

Untuk menghitung tebal lapis tambah dapat menggunakan grafik seperti pada Gambar 3.23.



Sumber: Pd T-05-2005-B

Gambar 3.23. Tebal lapis tambah /overlay (H_o)

3.7. Penggantian Perkerasan Aspal Lama Dengan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Shirley (2000) menyatakan bahwa ketebalan rencana permukaan aspal pada perkerasan kaku dapat dihitung dengan mengurangi ketebalan perkerasan beton semen setebal 10 mm untuk setiap 25 mm permukaan aspal yang digunakan.

Untuk jalan dengan lalu lintas rendah, jika data lalu lintas tidak tersedia atau diperkirakan terlalu rendah untuk mendapatkan desain yang aman, maka nilai perkiraan dalam Tabel 3.8. dapat digunakan.

Tabel 3.8. Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Dengan Lalu Lintas Rendah

Deskripsi Jalan	LHRT dua arah	Kend berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Pertumbuhan lalu lintas kumulatif	Kelompok Sumbu/ Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG	ESA/HVAG (overloaded)	Lalin desain Indikatif (Pangkat 4) Overloaded
Jalan desa minor dg akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil 2 arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^4
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^5
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^5$
Jalan kolektor	2000	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^5

Sumber: 02/M/BM/2013

Menentukan ketebalan pada perkerasan kaku untuk jalan dengan lalu lintas rendah (jalan desa, jalan lokal, jalan kolektor) menurut Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013 dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Perkerasan Kaku Untuk Jalan Dengan Beban Lalu Lintas Rendah

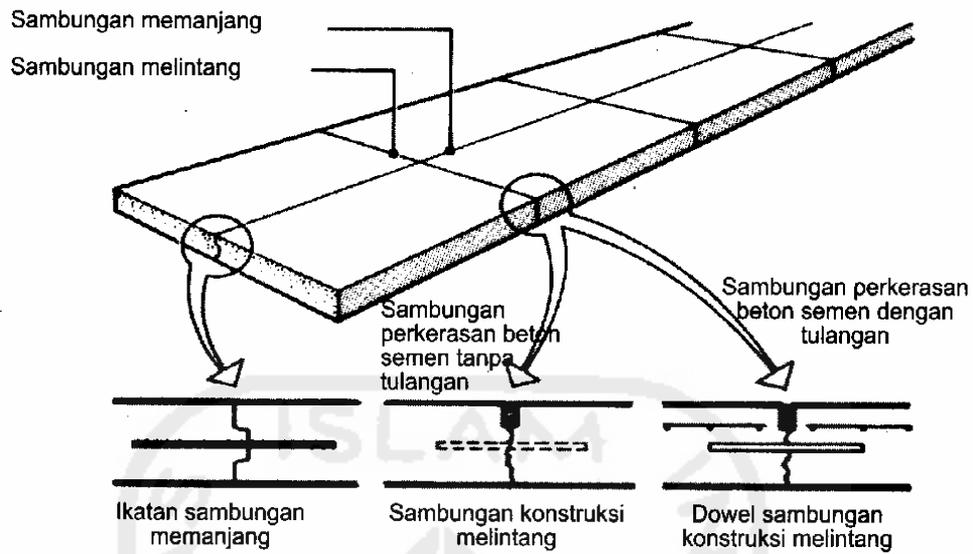
Tanah dasar	Tanah lunak dengan lapis penopang		Dipadatkan normal	
Bahu terikat	Ya	Tidak	Ya	Tidak
	Tebal Pelat Beton (mm)			
Akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor	160	175	135	150
Dapat diakses oleh truk	180	200	160	175
Tulangan distribusi retak	Ya		Ya jika daya dukung pondasi tidak seragam	
Dowel	Tidak dibutuhkan			
LMC	Tidak dibutuhkan			
Lapis pondasi kelas A 30 mm	125 mm			
Jarak sambungan transversal	4 m			

Sumber: 02/M/BM/2013

3.7.1. Sambungan

Suryawan (2013) menyatakan bahwa sambungan dibuat atau ditempatkan pada perkerasan beton dimaksudkan untuk menyiapkan tempat muai dan susut beton akibat terjadinya tegangan yang disebabkan oleh perubahan lingkungan (suhu dan kelembaban), gesekan dan keperluan konstruksi (pelaksanaan).

Sambungan perkerasan beton ada 2 (dua) macam yaitu sambungan arah melintang dan sambungan arah memanjang. Sambungan melintang merupakan sambungan untuk mengakomodir kembang susut ke arah memanjang plat, sedangkan sambungan memanjang merupakan sambungan untuk mengakomodir lenting plat beton. Skema sambungan ditunjukkan pada Gambar 3.24.



Gambar 3.24. Sambungan Pada Konstruksi Perkerasan Kaku

(Sumber: Sukismanto, 2016)

Ciri-ciri dan fungsi dari masing-masing sambungan akan dijelaskan sebagai berikut ini.

a. Sambungan melintang:

- 1) disebut juga *dowel*,
- 2) berfungsi sebagai *sliding device* dan *load transfer device*,
- 3) berbentuk polos (ruji polos), panjang 45 cm, jarak antar ruji 30 cm,
- 4) melekat satu sisi dari tulangan pada beton, sedangkan sisi yang lain harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton, dan
- 5) berada di tengah tebal plat dan sejajar sumbu jalan.

Dalam Pd T-14-2003 dikatakan bahwa diameter ruji tergantung pada tebal plat beton sebagaimana terlihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 10. Diameter Ruji

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

Sumber: Pd T-14-2003

b. Sambungan memanjang:

- 1) disebut *tie bar*,
- 2) berfungsi sebagai *unsliding device* dan *rotation device*,
- 3) berbentuk deformed/ulir dan berbentuk kecil,
- 4) lekat di kedua sisi plat beton,
- 5) berada di tengah tebal plat beton dan tegak lurus sumbu jalan,
- 6) luas tulangan memanjang dihitung dengan persamaan (3.9) dan persamaan (3.10).

$$A_t = 204 \times b \times h \quad \text{dan} \quad (3.9)$$

$$I = (38,3 \times \phi) + 75 \quad (3.10)$$

Dengan pengertian:

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

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

H = tebal plat (m),

I = panjang batang pengikat (mm), dan

ϕ = diameter batang pengikat yang dipilih (13-16 mm)

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

3.8. Analisis Biaya

Waluyo, dkk (2008) menyatakan bahwa Kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi untuk menjawab pertanyaan, “Berapa besar dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan?”. Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. Ketidaktepatan yang terjadi dalam penyediaannya akan berakibat kurang baik pada pihak-pihak yang terlibat di dalamnya.

Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan. Biaya atau anggaran itu sendiri merupakan jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan, disimpulkan bahwa rencana anggaran biaya dari suatu pekerjaan terlihat dalam rumus berikut ini:

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga satuan pekerjaan}) \quad (3.11)$$

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Sehingga dalam menentukan perhitungan dan penyusunan anggaran biaya suatu pekerjaan harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

Dalam memperkirakan anggaran biaya terlebih dahulu harus memahami proses konstruksi secara menyeluruh termasuk jenis dan kebutuhan alat, karena faktor tersebut dapat mempengaruhi biaya konstruksi. Selain faktor-faktor tersebut, berikut ini adalah faktor lain yang mempengaruhi dalam pembuatan anggaran biaya adalah:

- a. produktivitas tenaga kerja,
- b. ketersediaan material,
- c. ketersediaan peralatan,
- d. cuaca,
- e. jenis kontrak,

- f. masalah kualitas,
- g. etika,
- h. sistem pengendalian, dan
- i. kemampuan manajemen.

Biaya-biaya lain yang juga diperhitungkan sebagai biaya operasional untuk mendukung terwujudnya pekerjaan yang bersangkutan antara lain, administrasi kantor, keperluan komunikasi, kendaraan, pajak, dan lain-lain. Dapat ditentukan keuntungan *overhead* yang wajar untuk pekerjaan konstruksi maksimal 15% (Penjelasan Perpres No. 70 Tahun 2012, pasal 66, ayat 8).

3.8.1. Analisa Harga Satuan Dasar (HSD)

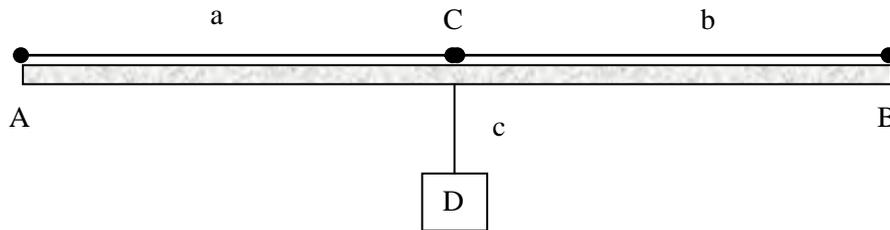
Komponen untuk menyusun Harga Satuan Pekerjaan (HSP) memerlukan Harga Satuan Dasar (HSD) tenaga kerja, bahan, dan alat. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam menghitung HSD.

3.8.1.1. Menghitung jarak rata-rata *base camp* ke lokasi pekerjaan

$$L = \frac{(c + a/2)*a + (c + b/2)*b}{(a + b)} \quad (3.12)$$

Keterangan:

- L = jarak rata-rata *base camp* ke lokasi pekerjaan (km),
- a = jarak antara *base camp* ke lokasi terjauh pada sisi kiri *base camp*,
- b = jarak antara *base camp* ke lokasi terjauh pada sisi kanan *base camp*, dan
- c = jarak antara *base camp* ke lokasi terjauh pada sisi tengah *base camp*.



Gambar 3.25. Jarak *base camp* ke sisi terjauh

Sumber: Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bina Marga (2013)

3.8.1.2. HSD Tenaga Kerja

Komponen tenaga kerja berupa upah yang digunakan dalam mata pembayaran tergantung pada jenis pekerjaannya. Untuk menghitung HSD tenaga kerja mengikuti langkah-langkah berikut ini.

- a. Menentukan jenis keterampilan tenaga kerja (pekerja, mandor, tukang, dll).
- b. Mengumpulkan data UMR per bulan.
- c. Memperhitungkan tenaga kerja yang dibutuhkan.
- d. Menentukan jumlah hari efektif.
- e. Menghitung biaya upah per jam per orang.

1) Produksi/hari

$$Q_t = T_k \times Q \quad (3.13)$$

2) Pekerja

$$\text{Koefisien Pekerja} = \frac{T_k \times P}{Q_t} \quad (3.14)$$

3) Tukang

$$\text{Koefisien Tukang} = \frac{T_k \times T_b}{Q_t} \quad (3.15)$$

4) Mandor

$$\text{Koefisien Mandor} = \frac{T_k \times M}{Q_t} \quad (3.16)$$

Keterangan:

Q_t = produksi/hari (m^3),

Q_l = besar kapasitas produksi alat yang menentukan tenaga kerja (m^3 /jam),

P = jumlah pekerja yang dibutuhkan (orang),

T_b = jumlah tukang yang dibutuhkan (orang),

T_k = jumlah jam kerja per hari (7 jam), dan

M = mandor yang diperlukan (orang).

3.8.1.3. HSD Alat

Komponen alat digunakan dalam mata pembayaran tergantung pada jenis pekerjaannya. Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar alat antara lain jenis peralatan, efisiensi kerja, kondisi cuaca, kondisi medan, dan jenis material/bahan yang dikerjakan. Hal-hal yang diperlukan dalam perhitungan biaya alat per satuan waktu diuraikan di bawah ini.

a. Jenis alat

Menentukan jenis alat yang akan digunakan.

b. Tenaga mesin

Tenaga mesin (P_w) merupakan kapasitas tenaga mesin penggerak dalam satuan tenaga kuda atau *horsepower* (HP).

c. Kapasitas alat

Kapasitas peralatan (C_p) yang digunakan, misalnya AMP 50 ton/jam (kapasitas produksi per jam), *wheel loader* 1,20 m^3 (kapasitas bucket untuk tanah gembur, kondisi munjung atau *heaped*).

d. Umur ekonomi alat

Umur ekonomi alat (A) dapat dihitung berdasarkan kondisi penggunaan dan pemeliharaan yang normal, menggunakan standar dari pabrik pembuat.

e. Jam kerja alat per tahun

Pada peralatan yang bermesin maka jam kerja peralatan akan dihitung dan dicatat sejak mesin dihidupkan sampai mesin dimatikan. Jumlah jam kerja peralatan (W) dalam 1 tahun.

Menurut Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bina Marga (2013) terdapat beberapa catatan untuk jumlah kerja alat per tahun.

- 1) Untuk peralatan yang bertugas berat, dianggap bekerja terus menerus dalam setahun selama 8 jam/hari dan 250 hari/tahun, maka $W = 8 \times 250 = 2000$ jam/tahun.
- 2) Untuk peralatan yang bertugas tidak terlalu berat atau sedang, dianggap bekerja 200 hari dalam 1 tahun dan 8 jam/hari, maka $W = 8 \times 200 = 1600$ jam/tahun.
- 3) Untuk peralatan yang bertugas ringan, dianggap bekerja selama 150 hari/tahun dan 8 jam/hari, maka $W = 8 \times 150 = 1200$ jam/tahun.

f. Harga pokok alat

Harga pokok perolehan alat (B) yang dipakai dalam perhitungan biaya sewa alat atau pada analisis harga satuan dasar alat.

g. Nilai sisa alat

Nilai sisa alat (C) atau bisa disebut nilai jual kembali (*resale value*) adalah perkiraan harga peralatan yang bersangkutan pada akhir umur ekonomisnya. Untuk perhitungan analisis harga satuan, nilai sisa alat dapat diambil rata-rata 10% dari pada harga pokok alat, tergantung pada karakteristik (dari pabrik pembuat) dan kemudahan pemeliharaan alat.

Nilai sisa alat (C) = 10% x harga alat

h. Tingkat suku bunga, faktor angsuran modal dan biaya pengembalian modal

Tingkat suku bunga, faktor angsuran modal dan biaya pengembalian modal merupakan tingkat suku bunga bank (i) pinjaman investasi yang berlaku pada waktu pembelian peralatan yang bersangkutan.

$$\text{Faktor angsuran modal } (D) = \frac{i \times (I + i)^A}{(I + i)^A - 1} \quad (3.17)$$

$$\text{Biaya pengembalian modal } (E) = \frac{(B - C) \times D}{W} \quad (3.18)$$

Keterangan:

A = umur ekonomi alat (tahun)

i = tingkat suku bunga pinjaman investasi (% per tahun)

B = harga pokok alat (rupiah)

C = nilai sisa alat (rupiah)

W = jumlah jam kerja alat dalam 1 tahun (jam)

i. Asuransi dan pajak

Besarnya nilai asuransi (Ins) dan pajak kepemilikan peralatan umumnya diambil rata-rata per tahun sebesar 0,1% untuk asuransi dan 0,1% untuk pajak, atau dijumlahkan sebesar 0,2% dari harga pokok alat, atau 2% dari nilai sisa alat (apabila nilai sisa alat = 10% dari harga pokok alat).

$$\text{Asuransi } (F) = \frac{Ins \times B}{W} \quad (3.19)$$

Keterangan:

Ins = asuransi (%)

B = harga pokok alat (rupiah)

W = jumlah jam kerja alat dalam 1 tahun (jam)

j. Upah tenaga

Upah tenaga kerja dalam perhitungan biaya operasi peralatan di sini terdiri atas biaya upah tenaga kerja dalam satuan Rp/jam. Untuk mengoperasikan alat diperlukan operator ($U1$) dan pembantu operator ($U2$).

k. Harga bahan bakar dan pelumas

Harga bahan bakar (H) dan minyak pelumas maupun minyak hidrolik (I), dalam perhitungan biaya operasi peralatan adalah harga umum yang ditetapkan pemerintah setempat.

3.8.1.3.1. Biaya Pasti dan Biaya Tidak Pasti

Komponen dasar untuk menghitung harga satuan dasar alat adalah biaya pasti (*owning cost*) dan biaya tidak pasti atau biaya operasi (*operating cost*). Biaya pasti (*owning cost*) adalah biaya pengembalian modal dan bunga setiap tahun yang dihitung dengan rumus berikut ini.

$$G = (E + F) \tag{3.20}$$

Keterangan:

G = biaya pasti per jam (rupiah),

E = biaya pengembalian modal, dan

F = biaya asuransi.

Biaya tidak pasti atau biaya operasi tiap unit peralatan dihitung berdasarkan bahan yang diperlukan. Komponen biaya operasi sebagai berikut.

a. Biaya bahan bakar (H)

Banyaknya bahan bakar per jam yang digunakan oleh mesin penggerak tergantung pada besarnya kapasitas tenaga mesin, biasanya diukur dengan satuan HP (*horse power*).

$$H = (12\% - 15\%) \times HP \times M_s \tag{3.21}$$

Keterangan:

H = biaya kebutuhan bahan bakar per jam (rupiah),

HP = *horse power*, tenaga alat,

M_s = harga bahan bakar/liter,

12% = untuk alat yang bertugas ringan, dan

15% = untuk alat yang bertugas berat.

b. Biaya minyak pelumas (*I*)

Banyaknya minyak pelumas yang dipergunakan oleh peralatan yang bersangkutan dihitung dengan rumus dan berdasarkan kapasitas mesin.

$$I = (2,5\% - 3\%) \times HP \times M_P \quad (3.22)$$

Keterangan:

I = biaya kebutuhan minyak pelumas per jam (rupiah),

HP = *horse power*, tenaga alat,

2,5% = untuk alat yang bertugas ringan, dan

3% = untuk alat yang bertugas berat.

c. Biaya bengkel (*J*)

Besarnya biaya bengkel per jam dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$J = (6,25\% - 8,75\%) \times B/W \quad (3.23)$$

Keterangan:

J = biaya bengkel,

B = harga pokok alat (rupiah),

W = jumlah jam kerja alat dalam 1 tahun (jam),

6,25% = untuk alat yang bertugas ringan, dan

8,75% = untuk alat yang bertugas berat.

d. Biaya perbaikan (*K*)

Untuk menghitung biaya perbaikan termasuk penggantian suku cadang yang aus menggunakan rumus berikut ini.

$$K = (12,5\% - 17,5\%) \times B/W \quad (3.24)$$

Keterangan:

- K = biaya perbaikan (rupiah),
 B = harga pokok alat (rupiah),
 W = jumlah jam kerja alat dalam 1 tahun (jam),
12,5% = untuk alat yang bertugas ringan, dan
17,5% = untuk alat yang bertugas berat.

e. Upah operator (L) dan pembantu operator (M)

Upah operator dan pembantu operator dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$L = 1 \text{ orang/jam} \times U_1 \quad (3.25)$$

$$M = 1 \text{ orang/jam} \times U_2 \quad (3.26)$$

Keterangan:

- L = upah operator (rupiah),
 M = upah pembantu operator (rupiah),
 U_1 = upah operator/jam, dan
 U_2 = upah pembantu operator/jam.

f. Biaya operasi (P)

$$P = H + I + J + K + L + M \quad (3.27)$$

Keterangan:

- P = biaya operasi (rupiah),
 H = kebutuhan bahan bakar per jam (rupiah),
 I = biaya kebutuhan minyak pelumas per jam (rupiah),
 J = biaya bengkel (rupiah),
 K = biaya perbaikan (rupiah),
 L = upah operator (rupiah), dan
 M = upah pembantu operator (rupiah).

g. HSD alat

Keluaran harga satuan dasar alat (S) atau harga sewa alat per jam adalah harga satuan dasar alat yang meliputi biaya pasti (G), biaya tidak pasti atau operasi (P).

$$S = G + P \quad (3.28)$$

Keterangan:

S = harga satuan dasar alat (rupiah),

G = biaya pasti per jam (rupiah), dan

P = biaya operasi (rupiah),

3.8.1.4. HSD Bahan

Bahan baku biasanya diperhitungkan dari sumber bahan (*quarry*), tetapi dapat pula diterima di *base camp* atau di gudang setelah memperhitungkan ongkos bongkar-muat dan pengangkutannya. Bahan olahan merupakan hasil produksi di *plant* (pabrik) atau membeli dari produsen di luar kegiatan pekerjaan. Perlu mengetahui informasi harga satuan dasar yang dipublikasikan secara resmi oleh pemerintah setempat atau sumber data lain yang bisa dipertanggung jawabkan.

Tabel 3.11. Faktor Efisiensi Alat

Kondisi operasi	Pemeliharaan mesin				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk sekali
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45

Buruk sekali	0,53	0,50	0,47	0,42	0,32
.Angka dalam warna kelabu tidak disarankan.					

Sumber: Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bina Marga (2013)

3.8.1.4.1. Perhitungan Biaya Alat per M³

a. Excavator dan wheel loader

$$Q_1 = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s} \quad (3.29)$$

Keterangan:

Q_1 = kapasitas produksi per jam (m³/jam),

V = kapasitas *bucket* (m³),

F_b = faktor *bucket* (m³),

F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel), dan

T_s = waktu siklus (menit).

Jadi biaya excavator per kubik dihitung berdasarkan rumus berikut ini.

$$\text{Biaya excavator/m}^3 = \frac{S}{Q_1} \quad (3.30)$$

Keterangan:

S = harga satuan dasar alat (rupiah), dan

Q_1 = kapasitas produksi per jam (m³/jam).

b. Dump truck

$$Q_2 = \frac{V \times F_a \times 60}{T_{s2} \times BiL} \quad (3.31)$$

Keterangan:

Q_2 = kapasitas angkut *dump truck* (m^3/jam),

V = kapasitas bak (ton),

F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel),

T_s = waktu siklus (menit), dan

BiL = berat volume bahan (ton/m^3).

Jadi biaya dump truck per kubik dihitung berdasarkan rumus berikut ini.

$$\text{Biaya dump truck}/m^3 = \frac{S}{Q_2} \quad (3.32)$$

Keterangan:

S = harga satuan dasar alat (rupiah), dan

Q_2 = kapasitas angkut *dump truck* (m^3/jam).

Harga bahan baku di *quarry*, jarak dari *quarry* ke lokasi pekerjaan atau *base camp*, harga sewa alat berat atau HSD alat per jam, dan kapasitas produksi alat (m^3) akan menentukan harga bahan di lokasi pekerjaan.

c. Motor grader

$$Q_3 = \frac{L_h \times \{N(b - b_0) + b_0\} \times t \times F_a \times 60}{n \times T_s} \quad (3.33)$$

Keterangan:

Q_3 = kapasitas produksi/jam (m^3/jam),

L_h = panjang hamparan (m),

N = jumlah lajur lintasan,

b = lebar pisau efektif (m),

b_0 = lebar overlap (m),

t = tebal lapis (m),

F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel),

n = jumlah lintasan (lintasan), dan

T_s = waktu siklus (menit).

Koefisien alat/ m^3 = $1/Q_3$

d. Vibrator roller

$$Q_4 = \frac{(v \times 1000) \times \{N(b - b_0) + b_0\} \times t \times F_a \times 60}{n} \quad (3.34)$$

Keterangan:

Q_4 = kapasitas produksi/jam (m^3 /jam),

V = kecepatan rata-rata (km/jam),

N = jumlah lajur lintasan ,

b = lebar pemadatan efektif (m),

b_0 = lebar overlap (m),

t = tebal lapis (m),

F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel), dan

n = jumlah lintasan (lintasan),

Koefisien alat = $1/Q_4$

e. Water tank truck

$$Q_5 = \frac{P_a \times F_a \times 60}{W_c \times 1000} \quad (3.35)$$

Keterangan

Q_5 = kapasitas produksi/jam (m^3 /jam),

F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel),

P_a = kapasitas pompa air (liter/menit), dan

W_c = kebutuhan air/ m^3 material padat.

Koefisien alat = $1/Q_5$

Semua angka dan harga yang telah diperoleh ditabelkan dan beri simbol untuk setiap bahan yang sudah dicatat.

3.8.1.5. Analisa Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Komponen untuk menyusun harga satuan pekerjaan (HSP) diperlukan data HSD alat, HSD upah, dan HSD bahan. Langkah-langkah analisis HSP adalah sebagai berikut.

- a. Tentukan satuan waktu untuk setiap jenis tenaga kerja masing-masing.
- b. Tentukan koefisien tenaga kerja untuk menghasilkan satu jenis pekerjaan.
- c. Tentukan harga satuan tiap kualifikasi tenaga dalam rupiah.
- d. Untuk mendapatkan harga komponen tenaga, jumlahkan harga-harga dari setiap kualifikasi tersebut.

3.8.1.6. Estimasi Biaya Kegiatan

Estimasi biaya kegiatan meliputi biaya mobilisasi dan biaya pekerjaan. Biaya pekerjaan adalah total seluruh volume pekerjaan yang dikalikan masing-masing dengan harga satuan pekerjaan.

3.8.1.7. Analisis Perbandingan Biaya Konstruksi

Sistem perbaikan yang diterapkan pada simpang empat Giwangan menggunakan 2 alternatif.

- a. Alternatif pertama menggunakan 3 metode sebagai berikut.
 - 1) Pelapisan ulang aspal (*overlay*).
 - 2) Penggantian aspal beton lama dengan perkerasan beton semen (*rigid pavement*).
 - 3) Pelebaran dengan menggunakan aspal beton (*flexible pavement*).
- b. Alternatif kedua menggunakan metode perkerasan beton semen (*rigid pavement*).

Masing-masing alternatif konstruksi di atas dibuat estimasi biayanya dan dibandingkan biaya konstruksinya dan dicari mana yang lebih menguntungkan dilihat dari aspek ekonomi.

3.8.1.8. Perhitungan Biaya Pemeliharaan

Perhitungan biaya pemeliharaan selama umur rencana menurut Muhammad Yodi Aryangga dan Anak Agung Gde Kartika (2013) menggunakan rumus seperti berikut ini.

$$F = P (1 + i)^n \quad (3.36)$$

$$P = F \left[\frac{1}{(1 + i)^n} \right] \quad (3.37)$$

Keterangan:

i = tingkat suku bunga per periode bunga,

n = jumlah periode,

P = jumlah uang sekarang (*present worth*), dan

F = jumlah uang pada akhir periode dari saat sekarang dengan bunga i (*future worth*).

BAB IV

METODE PENELITIAN

Bab empat ini membahas metode penelitian atau tata cara bagaimana penelitian tentang perbaikan perkerasan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) ini dilaksanakan yang meliputi cara penelitian, analisis data dan diagram alur penelitian.

4.1. Cara Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, yaitu penelitian dengan menggambarkan serta menginterpretasi suatu objek sesuai dengan kenyataan yang ada tanpa dilebih-lebihkan (<http://seputarpendidikan003.blogspot.co.id>). Penelitian ini memusatkan pada masalah-masalah yang ada pada saat sekarang dimana kondisi lalu lintas di lokasi penelitian dapat diperoleh data yang akurat dan cermat.

4.1.1. Survey Pendahuluan

Adapun ruang lingkup dari survey pendahuluan yang akan dilakukan yaitu:

- a. mempelajari lokasi rencana trase jalan dan daerah-daerah sekitarnya baik dari segi geografis dan sosial ekonomi secara umum,
- b. mengumpulkan dokumentasi berupa foto di lokasi pekerjaan,
- c. melakukan pengamatan kondisi badan jalan, bahu jalan maupun sarana pelengkap jalan agar memperoleh data kondisi existing perkerasan saat ini.

4.1.2. Pengumpulan Data

Sumber data terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung atau hasil penelitian dari

lapangan dan data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada (<https://teorionline.wordpress.com>).

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan cara observasi atau pengamatan langsung di lapangan yang pencatatannya dilakukan dengan bantuan alat elektronik (kamera) dan ditulis secara manual. Selain itu data juga diperoleh dengan pengambilan data melalui dokumen tertulis dari lembaga/institusi yang berwenang.

4.1.2.1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer berupa survey kondisi jalan dengan melakukan penyusuran sepanjang jalur jalan untuk memperoleh data kondisi fisik jalan. Pemeriksaan dilakukan dengan mencatat kondisi jalan secara visual yang diperoleh selama survey. Data yang diperoleh dari pemeriksaan ini meliputi :

1. lebar perkerasan yang ada dalam meter,
2. membuat foto dokumentasi survey,
3. jenis kerusakan jalan, dan
4. lokasi kerusakan jalan.

4.1.2.2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan data dari instansi yang berkepentingan dalam hal ini Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan ESDM Daerah Istimewa Yogyakarta. Data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut.

1. Data volume lalu lintas harian rata-rata.
2. Data perkembangan lalu lintas.
3. Hasil tes CBR lapangan.
4. Hasil tes lendutan menggunakan Benkelmen Beam.
5. Data struktur perkerasan yang ada.
6. Jenis bahan perkerasan yang ada, misalnya AC, HRS, Penetrasi Macadam dan lain-lain.
7. Harga satuan pekerjaan.

Cara penelitian dapat dirangkum seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Cara Penelitian

No	Pembahasan	Metode	Data yang diperlukan		Cara memperoleh data
			Primer	Sekunder	
1	Kondisi jalan	Survey	a. Lebar jalan eksisting b. Jenis kerusakan jalan c. Foto dokumentasi selama survey		Survey kerusakan jalan
2	Teknik peningkatan dan penanganan jalan	a. SNI Pd T-05-2005-B b. MDPJ No. 02/M/BM/2013		a. Data perkembangan lalu lintas b. Data LHR c. Data CBR d. Data lendutan	Data dari Bidang Bina Marga DIY
3	Analisa biaya	Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum 2013	Volume penanganan	Harga bahan, alat dan upah,	Satuan Harga Barang dan Jasa DIY 2015

4.2. Analisa Data

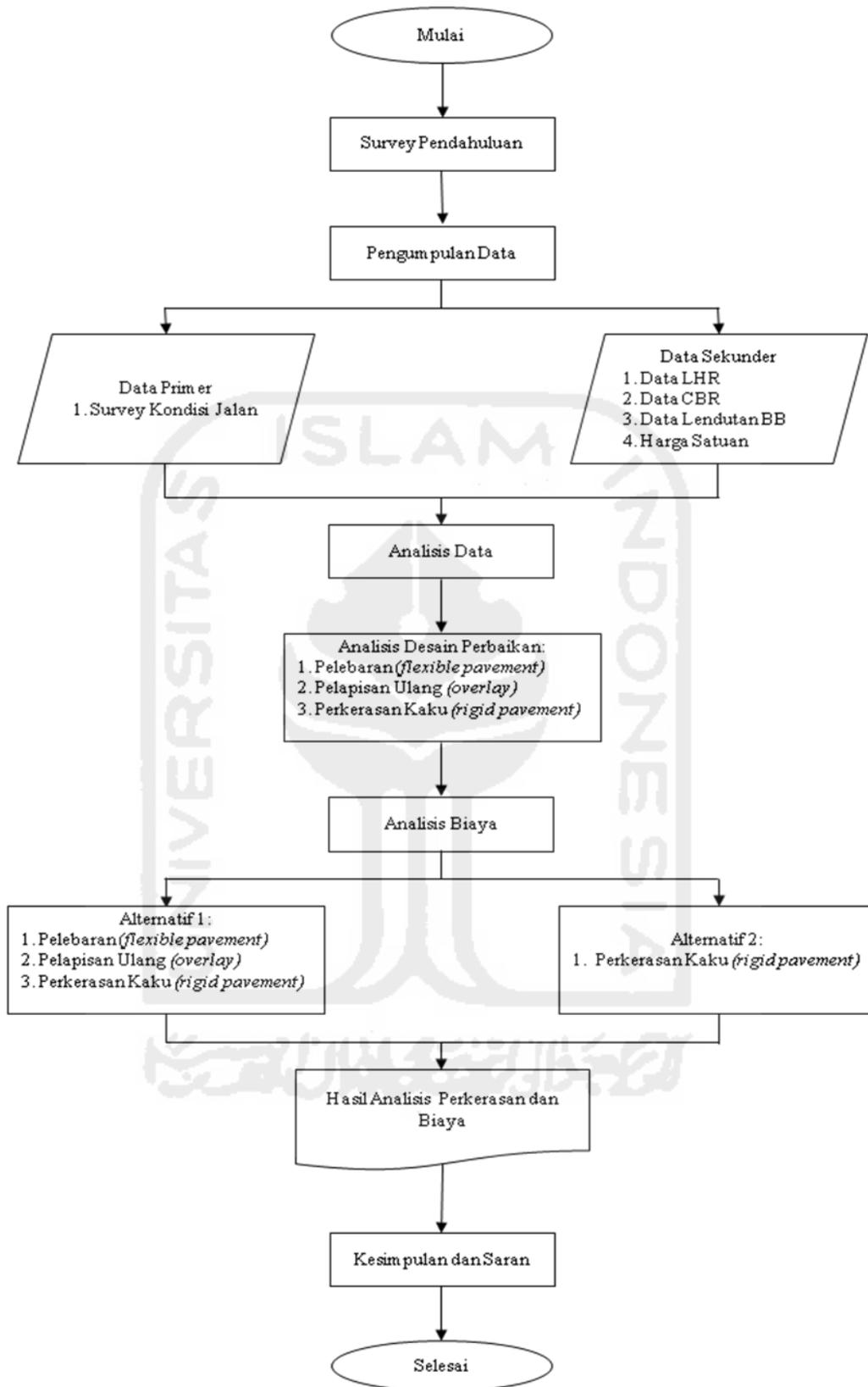
Data-data yang diperoleh di lapangan dikombinasikan dengan data-data yang diperoleh dari instansi terkait untuk mengidentifikasi jenis kerusakan jalan dan menentukan desain perbaikan yang tepat. Setelah mendapatkan desain perkerasan yang dikehendaki, maka dapat dilanjutkan dengan analisa perhitungan biaya terhadap masing-masing desain.

Tabel 4.2. Teknik Analisa Data

No	Pembahasan	Metode	Tujuan	Langkah-langkah
1	Kondisi jalan	RCI (<i>Road Condition Index</i>)	Menentukan jenis kerusakan yang terjadi	a. Menentukan jenis kerusakan
2	Teknik peningkatan dan penanganan jalan	a. SNI Pd T-05-2005-B b. MDPJ No. 02/M/BM/2013	a. Menghitung tebal struktur perkerasan pada pelebaran b. Menghitung tebal <i>overlay</i> c. Menghitung tebal plat beton	a. Menentukan tebal struktur perkerasan b. Menentukan tebal lapis tambah dengan hasil tes Benkelmen Beam c. Menentukan tebal plat beton
3	Analisa biaya	Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum 2013	Menghitung biaya total penanganan jalan	a. Menghitung biaya pelebaran jalan b. Menghitung biaya <i>overlay</i> c. Menghitung biaya perkerasan kaku d. Menghitung biaya total penanganan

4.3. Diagram Alir Pekerjaan

Untuk mempermudah dalam penelitian ini, maka dibuat sistem tahapan yang ditampilkan dalam diagram alir seperti dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Diagram Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang perbaikan perkerasan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) ini bertujuan untuk menentukan alternatif desain perkerasan yang tepat dan besarnya biaya yang diperlukan. Berdasarkan tujuan tersebut, maka berikut ini pemaparan hasil analisis terhadap data yang didapatkan.

5.1. Survey dan Pengumpulan Data

Pada tahap analisis data dan pembahasan dibutuhkan data-data yang diperoleh melalui survey lapangan dan pengumpulan data dari Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan ESDM Daerah Istimewa Yogyakarta.

5.1.1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung atau hasil penelitian dari lapangan.

a. Survey Kondisi Jalan

Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) mempunyai lebar eksisting 5 m yang terdiri dari 2 lajur 2 arah dan pada STA 0+000 terdapat persimpangan bersinyal yang kondisi perkerasannya rusak akibat gaya rem. Kondisi simpang ditampilkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Kondisi Simpang di Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri)
(Sumber: Data Primer)

Pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) terdapat kerusakan-kerusakan pada bagian permukaan aspal. Untuk menentukan jenis kerusakan yang terjadi pada STA 0+000 sampai dengan STA 0+100 diambil 3 lokasi sampel yaitu pada STA 0+000, STA 0+000 s.d. STA 0+050, dan STA 0+050 s.d. STA 0+100 dengan menggunakan metode RCI (*Road Condition Index*) berdasarkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Kondisi Permukaan Jalan secara Visual Berdasarkan Nilai RCI

RCI	Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual
8 – 10	Sangat rata dan teratur
7 – 8	Sangat baik, umumnya rata
6 – 7	Baik, sedikit sekali permukaan jalan yang tidak rata, tidak ada lubang
5 – 6	Cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang, tetapi permukaan jalan tidak rata
4 – 5	Jelek, kadang – kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata
3 – 4	Rusak, bergelombang, banyak lubang
2 – 3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur
≤ 2	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4 D jeep

Sumber: Sukirman, 1992

Foto-foto hasil survey kondisi permukaan jalan ditampilkan pada Gambar 5.2, Gambar 5.3, dan Gambar 5.4.



Gambar 5.2. Kondisi Permukaan Jalan STA 0+000
(*Sumber: Data Primer*)



Gambar 5.3. Kondisi Permukaan Jalan STA 0+050
(*Sumber: Data Primer*)



Gambar 5.4. Kondisi Permukaan Jalan STA 0+100
(*Sumber: Data Primer*)

Hasil survey dengan metode RCI (*Road Condition Index*) ditampilkan seperti dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Hasil Survey RCI

Lokasi (STA)	Nilai RCI	RCI Rata-rata
0 + 000		5,2
	5,9	
0 + 050		
	4,5	
0 + 100		

Berdasarkan nilai RCI (*Road Condition Index*) rata-rata yang diperoleh yaitu sebesar 5,2 menunjukkan bahwa kondisi permukaan jalan adalah cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang, tetapi permukaan jalan tidak rata. Dengan kondisi tersebut maka dapat diambil langkah perbaikan yaitu dengan lapis tambah (*overlay*).

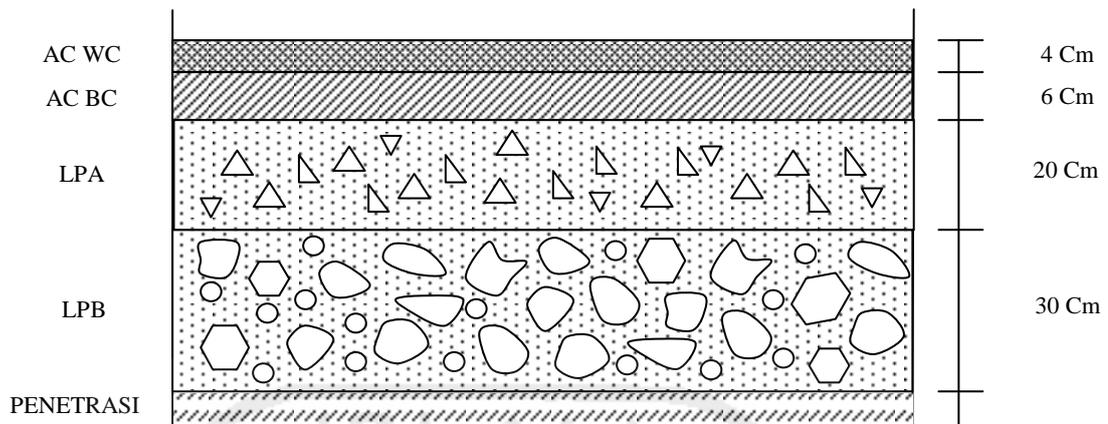
Selain diambil langkah perbaikan dengan lapis tambah (*overlay*), langkah perbaikan lain yang dilakukan adalah penggantian lapis perkerasan lentur dengan dengan lapis perkerasan kaku dikarenakan lokasi penelitian yang berada di daerah simpang bersinyal dimana perkerasan lentur menjadi rusak akibat adanya gaya rem dari kendaraan yang akan berhenti saat sinyal menyala merah.

5.1.2. Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dengan cara mengumpulkan data dari Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan ESDM Daerah Istimewa Yogyakarta. Data-data yang diperoleh diuraikan seperti di bawah ini.

a. Jenis Perkerasan Eksisting

Kondisi perkerasan eksisting pada ruas jalan tersebut terdiri dari AC WC, AC BC, LPA, dan LPB yang ditampilkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Kondisi Perkerasan Eksisting

(Sumber: Bidang Bina Marga DIY,2015)

b. Lalu Lintas Harian Rata-rata

Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) diperoleh dari hasil survey yang dilakukan oleh Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan ESDM Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil survey Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) tersebut dikonversikan dengan nilai Faktor Kerusakan Akibat Beban Kendaraan (*Vehicle Damage Factor*) standar yang diambil dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 seperti pada Tabel 3.5, dan hasil perhitungan CESA selengkapnya dapat dilihat pada lampiran halaman L-1 dan L-2.

Hasil survey Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) ini dihitung tiap arah bertujuan untuk menyesuaikan dengan desain perkerasan pada alternatif 1 yaitu dengan metode pelebaran menggunakan aspal (*flexible pavement*), pelapisan ulang (*overlay*), dan penggantian aspal lama dengan perkerasan beton semen (*rigid pavement*). Adapun hasil survey Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) disajikan pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

Tabel 5.3. Hasil Survey Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)
Arah Lalu Lintas Ruas Jalan Barongan – Yogyakarta

No	Jenis kendaraan	VDF	LHR
1	Sedan, jeep, dan Station Wagon	0,0025	1017
2	Opelet, Pick-up opelet, Sub-urban, Combi, Minibus	0,0077	22
3	Pick-up, Micro Truck dan Mobil hantaran atau Pick-up Box	0,0034	692
4	Bus Kecil	0,3000	132
5	Bus Besar	1,0000	12
6	Truk 2 sumbu 4 roda	1,6000	190
7	Truk 2 sumbu 6 roda	7,3000	0
8	Truk 3 sumbu	28,1000	0
9	Truk Gandengan	30,3000	0
10	Truk Semi Trailer	41,6000	0
	Jumlah		2065

Sumber: Bidang Bina Marga DIY,2015

Dari data di atas, diperoleh hasil perhitungan lalu lintas untuk ruas jalan Barongan – Yogyakarta adalah $3,4 \times 10^6$ CESA₅.

Tabel 5.4. Hasil Survey Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)
Arah Lalu Lintas Ruas Jalan Yogyakarta - Barongan

No	Jenis kendaraan	VDF	LHR
1	Sedan, jeep, dan Station Wagon	0,0025	1501
2	Opelet, Pick-up opelet, Sub-urban, Combi, Minibus	0,0077	24
3	Pick-up, Micro Truck dan Mobil hantaran atau Pick-up Box	0,0034	716
4	Bus Kecil	0,3000	15
5	Bus Besar	1,0000	17
6	Truk 2 sumbu 4 roda	1,6000	160
7	Truk 2 sumbu 6 roda	7,3000	0
8	Truk 3 sumbu	28,1000	0
9	Truk Gandengan	30,3000	0
10	Truk Semi Trailer	41,6000	0
	Jumlah		2433

Sumber: Bidang Bina Marga DIY,2015

Dari data di atas, diperoleh hasil perhitungan lalu lintas untuk ruas jalan Yogyakarta - Barongan adalah $2,6 \times 10^6$ CESA₅.

Pada kedua tabel di atas, dapat dilihat bahwa jumlah kendaraan yang berasal dari arah lalu lintas Yogyakarta – Barongan lebih besar jika dibandingkan dengan jumlah kendaraan dari arah lalu lintas Barongan – Yogyakarta. Akan tetapi setelah dikonversikan dengan Faktor Ekvivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) standar, ternyata Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dari arah Barongan – Yogyakarta hasilnya lebih besar dibandingkan dengan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dari arah Yogyakarta – Barongan. Hal itu terjadi karena dari arah Barongan – Yogyakarta, kendaraan berat yang melintas, yaitu bus dan truk, jauh lebih banyak dibandingkan dari arah Yogyakarta – Barongan.

b. Hasil Tes CBR

Nilai kekuatan tanah dasar ditentukan dengan nilai CBR yang merupakan hasil dari pengujian DCP. Data yang diperoleh dari Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan ESDM Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan bahwa CBR di lokasi penelitian adalah 4,81%. Menurut Braja M. Das (1995), tanah dengan CBR 3-7% merupakan tanah dengan jenis OH (lempung anorganik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi), CH (lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk”), atau MH (lanau anorganik atau pasir halus diatomae, lanau yang elastis) sehingga pada pekerjaan pelebaran dibutuhkan perbaikan tanah dasar.

c. Data Hasil Survey Lendutan Balik (*Benkelman Beam*)

Hasil survey lendutan balik (*Benkelman Beam*) dapat dilihat pada lampiran dan hasil resume survey lendutan balik (*Benkelman Beam*) disajikan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Hasil Resume Survey Lendutan Balik (*Benkelman Beam*)

Ruas	STA	Panjang (km)	Lend. Max. (mm)	Lend. Min. (mm)	Lend. Rata-2 (mm)	Deviasi Standard (mm)	Lendutan Mewakili (mm)	F.K %
Yogya - Barongan STA. 0+000 - 3+425	0,000 - 3,425	3,425	1,3258	0,8686	1,1302	0,1327	1,3491	11,74

Sumber: Bidang Bina Marga DIY,2015

d. Harga Satuan

Harga satuan pekerjaan diperoleh dari sumber Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan ESDM Daerah Istimewa Yogyakarta berupa Satuan Harga Barang dan Jasa (SHBJ) DIY tahun 2015.

5.2. Analisis Data

Data-data yang telah diperoleh baik dari hasil survey lapangan maupun diperoleh dari instansi terkait dianalisis hingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian.

5.2.1. Pelebaran

Menurut data LHR diketahui bahwa hasil dari perhitungan lalu lintas arah Yogyakarta-Barongan adalah $2,6 \times 10^6$ CESA₅, sedangkan hasil dari perhitungan lalu lintas arah Barongan-Yogyakarta adalah $3,4 \times 10^6$ CESA₅.

Pelebaran dilakukan pada lajur arah Yogyakarta-Barongan. Data CBR tanah dasar yang diperoleh adalah 4,81%.

Langkah selanjutnya adalah menentukan tebal peningkatan tanah dasar yang dapat dilihat pada Tabel 3.6 yang terdapat pada Bab III. Berdasarkan tabel tersebut dapat ditentukan bahwa tebal peningkatan tanah dasar sebesar 150 mm. Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.7 yang bersumber dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 dan disajikan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Tebal Lapis Perkerasan Pada Pelebaran

Jenis Perkerasan	Tebal (mm)
AC WC	40
AC Binder	60
AC Base	70
LPA	300

5.2.2. Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Perkerasan Lentur

Berdasarkan data hasil dari Tabel 5.5 tebal lapis tambah ditentukan seperti perhitungan berikut ini.

$$D_{\text{rata-rata}} = 1,1302 \text{ mm}$$

$$D_{\text{wakil}} = 1,3491 \text{ mm}$$

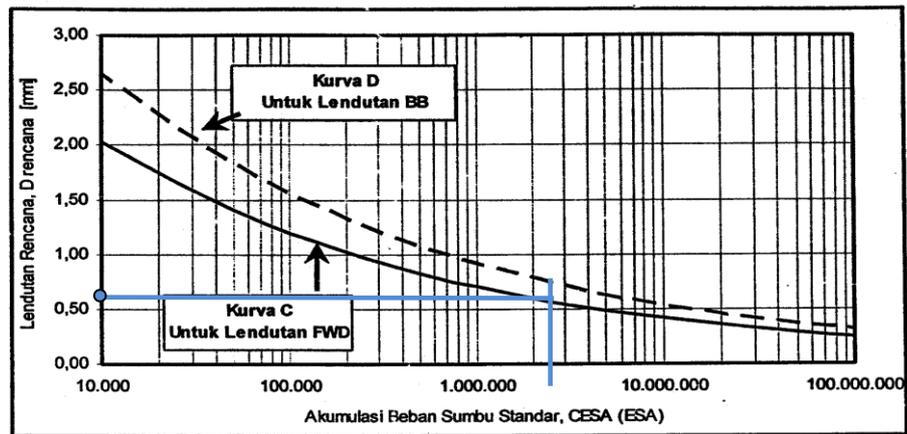
$$SD = 0,1327$$

$$\begin{aligned} D_{\text{rencana}} &= 22,208 \times CESA^{(-0,2307)} \\ &= 22,208 \times (2,6 \times 10^6)^{(-0,2307)} \\ &= 0,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal lapis tambah dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Ho &= \{ \ln(1,0364) + \ln(D_{\text{wakil}}) - \ln(D_{\text{rencana}}) \} / 0,0597 \\ &= \{ \ln(1,0364) + \ln(1,3491) - \ln(0,73) \} / 0,0597 \\ &= 10,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

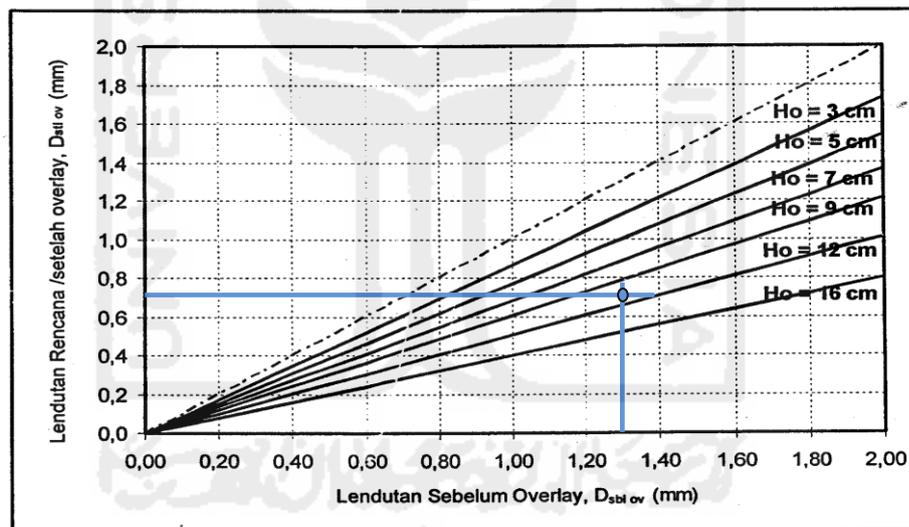
Perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) dapat juga ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.22 dan Gambar 3.23. Grafik pada Gambar 3.22 menyajikan hubungan antara lendutan dan lalu lintas yang menghasilkan lendutan rencana seperti ditampilkan pada Gambar 5.6. Setelah mendapatkan hasil lendutan rencana, maka hasil tersebut diplotkan pada Gambar 3.23 untuk menentukan tebal lapis tambah (*overlay*) seperti ditampilkan pada Gambar 5.7.



Sumber grafik: Pd T-05-2005-B

Gambar 5.6. Hubungan Antara Lendutan Rencana dan Lalu Lintas

Dari Gambar 5.6, dapat ditentukan bahwa lendutan rencana sebesar 0,70 mm. Kemudian lendutan rencana diplotkan pada grafik 3.23 seperti pada Gambar 5.7.



Sumber grafik: Pd T-05-2005-B

Gambar 5.7. Tebal Lapis Tambah (*overlay*)

Berdasarkan Gambar 5.7, tebal lapis tambah (*overlay*) adalah 10,8 cm. Dari hasil tersebut, tebal lapis tambah (*overlay*) yang digunakan adalah 11 cm yang terdiri dari AC-WC 4 cm dan AC-BC 7 cm sesuai dengan Tabel Desain Perkerasan Lentur – Aspal 02/M/BM/2013, untuk lapis aus AC-WC yang

dijinkan minimum 4 cm dan untuk lapis permukaan antara AC-BC diijinkan minimum 6 cm.



5.2.3. Penggantian Perkerasan Aspal Lama Dengan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Hasil survey lalu lintas di ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) arah Yogyakarta-Barongan adalah $2,6 \times 10^6$ CESA₅ dan arah Barongan-Yogyakarta adalah $3,4 \times 10^6$ CESA₅. Lalu lintas tersebut menurut Tabel 3.8 yang bersumber dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 merupakan jalan kolektor dengan lalu lintas rendah dengan umur rencana 20 tahun.

Untuk menentukan ketebalan perkerasan kaku pada jalan dengan lalu lintas rendah dapat dilihat pada Tabel 3.9. Kondisi tanah pada lokasi penelitian merupakan tanah lunak dengan lapis penopang, tanpa bahu terikat, dan dapat diakses oleh truk, sehingga tebal perkerasan kaku yang diambil adalah 200 mm atau 20 cm.

Tabel 3.9 menyatakan bahwa dowel dan LMC (*Lean Mix Concrete*) tidak dibutuhkan, tetapi pada penelitian ini dowel dan LMC (*Lean Mix Concrete*) tetap digunakan karena apabila tidak menggunakan dowel, lapisan beton dapat melenting. Sedangkan LMC (*Lean Mix Concrete*) berfungsi sebagai lapis pondasi dan lantai kerja. Tebal LMC (*Lean Mix Concrete*) adalah 10 cm.

Penulangan yang direncanakan seperti berikut ini.

- a. Tebal plat 20 cm.
- b. Lebar plat:
 - 1) alternatif 1 = 350 cm;
 - 2) alternatif 2 = 2 x 350 cm.
- c. Panjang plat 20 x 500 cm.
- d. Sambungan melintang (*dowel*) digunakan ruji polos diameter 32 mm, panjang 45 cm, jarak antar ruji 30 cm.
- e. Sambungan memanjang (*tie bar*) digunakan baja ulir diameter 16 mm, panjang 70 cm, jarak 75 cm.

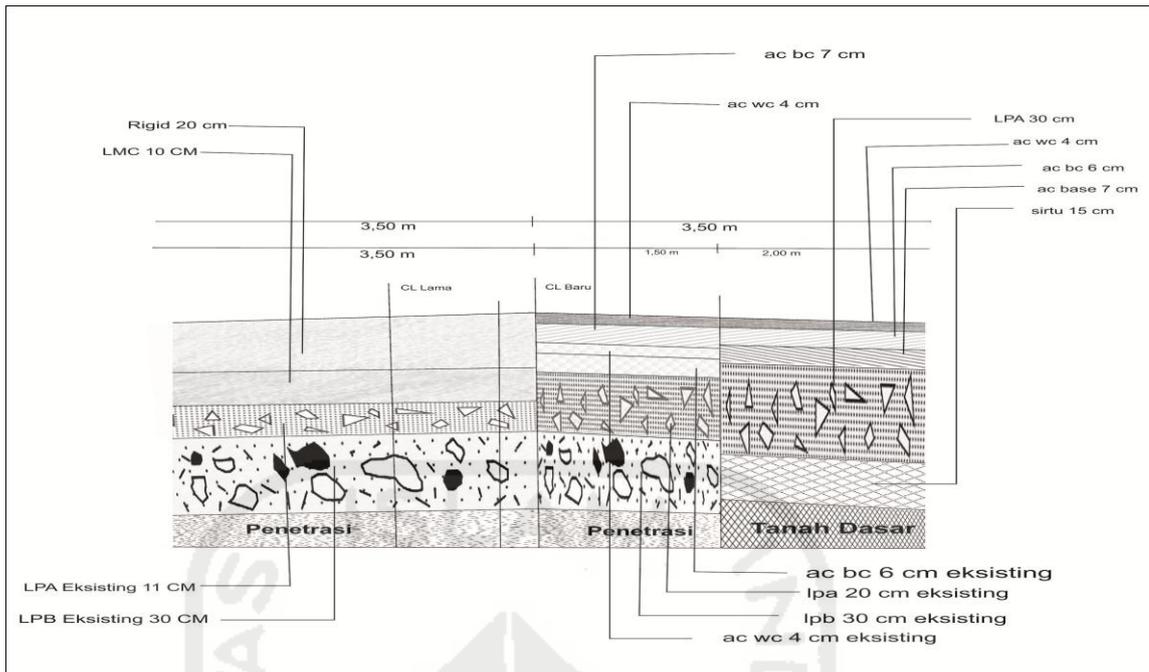
5.2.4. Rangkuman Dimensi Perbaikan Perkerasan

Ukuran dimensi perbaikan perkerasan untuk simpang empat Giwangan pada Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) dapat ditentukan dari perhitungan-perhitungan di atas dan semuanya dirangkum pada Tabel 5.7.

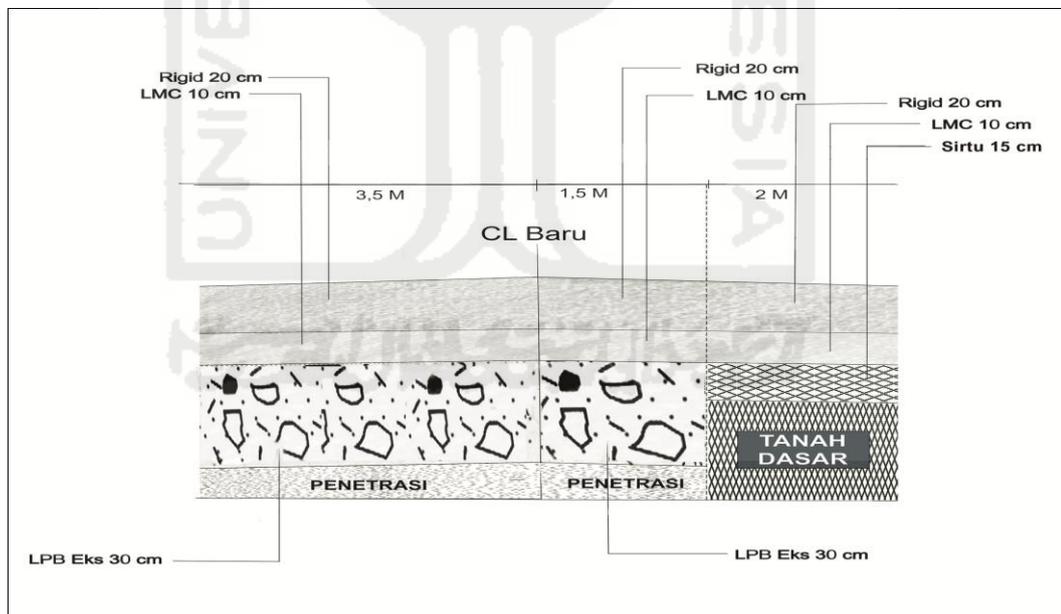
Tabel. 5.7. Rangkuman Dimensi Perbaikan Perkerasan

Pelebaran (Flexible Pavement)		Lapis Tambah (Overlay)		Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)	
AC WC	4 cm	AC WC	4 cm	Tebal	20 cm
AC Binder	6 cm			Lebar	350 cm
AC Base	7 cm	AC Binder	7 cm	Panjang	500 cm
LPA	30 cm			Tebal LMC	10 cm
				Dowel	Ruji polos, D32, panjang 45 cm, jarak antar ruji 30 cm
Sirtu	15 cm			Tie Bar	Baja ulir, D16, panjang 70 cm, jarak antar ruji 75 cm

Gambar desain perkerasan untuk simpang empat Giwangan pada Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) disajikan pada Gambar 5.4 untuk alternatif 1 dan Gambar 5.5 untuk alternatif 2.



Gambar 5.8. Desain Perkerasan Alternatif 1
(Arah menuju Yogyakarta)



Gambar 5.9. Desain Perkerasan Alternatif 2
(Arah menuju Yogyakarta)

5.3. Analisis Biaya

Analisis biaya dilakukan untuk menghitung biaya perbaikan perkerasan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) untuk masing-masing alternatif yang diusulkan dan kemudian dibandingkan antara keduanya hingga menemukan alternatif yang paling ekonomis.

5.3.1. Biaya Perbaikan Pekerjaan

Besarnya biaya pelaksanaan suatu proyek dapat dihitung dari analisis harga satuan pekerjaan. Untuk melakukan analisis ini diperlukan harga satuan dasar tenaga, bahan, dan peralatan yang sesuai dengan kondisi di lokasi proyek.

Analisis biaya untuk mendapatkan harga satuan pekerjaan selengkapnya disajikan di lampiran halaman L-3 dan L-5. Perhitungan biaya perbaikan Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) ditampilkan pada Tabel 5.8 yaitu biaya perbaikan alternatif 1 dengan metode pelebaran menggunakan aspal (*flexible pavement*), pelapisan ulang (*overlay*), dan penggantian aspal lama dengan perkerasan beton semen (*rigid pavement*) serta Tabel 5.9 yaitu biaya perbaikan alternatif 2 dengan menggunakan metode perkerasan beton semen (*rigid pavement*).

Tabel 5.8. Biaya Perbaikan Alternatif 1

No	Uraian	Harga Pekerjaan (Rp)
1	Pekerjaan Tanah	29.466.188,38
2	Perkerasan Berbutir	205.427.014,98
3	Perkerasan Aspal	159.368.129,09
Jumlah Harga Pekerjaan		394.261.332,45
Pajak Pertambahan Nilai (PPN) 10%		39.426.133,24
Total		433.687.465,69
Dibulatkan		433.688.000,00

Sumber : Hasil Perhitungan Lampiran L-3

Tabel 5.9. Biaya Perbaikan Alternatif 2

No	Uraian	Harga Pekerjaan (Rp)
1	Pekerjaan Tanah	42.405.910,91
2	Perkerasan Berbutir	360.831.612,49
3	Struktur	2.799.675,00
Jumlah Harga Pekerjaan		406.037.198,40
Pajak Pertambahan Nilai (PPN) 10%		40.603.719,84
Total		446.640.918,24
Dibulatkan		446.641.000,00

Sumber : Hasil Perhitungan Lampiran L-5

Dari hasil analisis biaya diperoleh total biaya perbaikan untuk alternatif 1 adalah Rp 433.688.000,- dan total biaya perbaikan untuk alternatif 2 adalah Rp 446.641.000,-.

5.3.2. Biaya Pemeliharaan

Pemeliharaan jalan bertujuan untuk mempertahankan kondisi jalan mantap sesuai dengan tingkat pelayanan dan kemampuannya pada saat jalan tersebut dibangun dan dioperasikan sampai dengan tercapainya umur rencana yang telah ditentukan (Rahman, 2011). Untuk memelihara jalan agar tetap dalam kondisi mantap tentunya membutuhkan biaya.

5.3.2.1. Biaya Pemeliharaan Alternatif 1

Perkerasan pada alternatif 1 terdiri dari perkerasan aspal dan perkerasan beton. Dari hasil analisis pada lampiran halaman L-7, biaya pemeliharaan jalan aspal di lokasi penelitian adalah sebesar Rp 1.764.981,59.

Untuk alternatif 1 luasan perkerasan beton adalah 350 m². Kerusakan pada perkerasan beton diasumsikan sebesar 1% dari luasan permukaan setiap tahunnya yaitu seluas 3,5 m². Di dalam luasan 3,5 m² itu diasumsikan terdapat 1 (satu) titik retak yang perbaikannya adalah dengan cara *grouting*. Berdasarkan asumsi tersebut, maka pemeliharaan perkerasan beton dilakukan setiap 5 (lima) tahun sekali dimana terdapat 5 (lima) titik *grouting*.

Dari hasil analisis yang terdapat pada lampiran halaman L-8 diketahui bahwa setiap 5 titik *grouting* membutuhkan biaya sebesar Rp 448.796,23 sehingga biaya pemeliharaan perkerasan beton pada tahun ke 5 adalah sebesar Rp 448.796,23.

Menurut Prabowo (2010) dan Muhammad, Anak Agung (2012) biaya pekerjaan pemeliharaan perkerasan dicari nilai *future*-nya kemudian di-presentkan kembali menggunakan rumus (3.36) dan rumus (3.37). Biaya pekerjaan pemeliharaan aspal per tahun sebesar Rp 1.764.981,59 ditetapkan sebagai nilai P untuk perhitungan *future worth* dan digunakan tingkat inflasi 3,02%, untuk *present worth* digunakan BI rate 6,5%. Contoh perhitungan biaya pemeliharaan perkerasan aspal selama umur rencana adalah sebagai berikut.

a. Perkerasan Aspal

1) Tahun ke-1

$$F_1 = 1.764.981,59 (1+0,0302)^1$$

$$= \text{Rp } 1.818.284,03$$

$$P_1 = 1.818.284,03 \left[\frac{1}{(1+0,065)^1} \right]$$

$$= \text{Rp } 1.707.308,95$$

2) Tahun ke-2

$$F_2 = 1.764.981,59 (1+0,0302)^2$$

$$= \text{Rp } 1.873.196,21$$

$$P_2 = 1.873.196,21 \left[\frac{1}{(1+0,065)^2} \right]$$

$$= \text{Rp } 1.651.520,83$$

Perhitungan menggunakan rumus di atas dilakukan hingga tahun ke 20 (umur rencana) seperti dalam lampiran halaman L-10 sehingga dihasilkan biaya pemeliharaan aspal selama umur rencana adalah Rp 25.363.848,11.

Biaya pemeliharaan perkerasan beton sebesar Rp 448.796,23 ditetapkan sebagai nilai P dihitung setiap 5 tahun. Contoh perhitungan biaya pemeliharaan perkerasan beton selama umur rencana adalah sebagai berikut.

b. Perkerasan Beton

1) Tahun ke-5

$$F_5 = 448.796,23 (1+0,0302)^5$$

$$= \text{Rp } 520.783,15$$

$$P_5 = 520.783,15 \left[\frac{1}{(1+0,065)^5} \right]$$

$$= \text{Rp } 380.109,64$$

2) Tahun ke-10

$$F_{10} = 448.796,23 (1+0,0302)^{10}$$

$$= \text{Rp } 604.316,78$$

$$P_{10} = 604.316,78 \left[\frac{1}{(1+0,065)^{10}} \right]$$

$$= \text{Rp } 321.935,28$$

Total biaya pemeliharaan perkerasan beton untuk alternatif 1 pada tahun ke-5, 10, 15, dan 20 adalah Rp 1.205.643,26.

Dari hasil perhitungan di atas, maka total biaya pemeliharaan untuk alternatif 1 adalah Rp 25.363.848,11 + Rp 1.205.643,26 = Rp 26.569.491,37 dibulatkan menjadi Rp 26.570.000,-.

5.3.2.2. Biaya Pemeliharaan Alternatif 2

Untuk alternatif 2 luasan perkerasan beton adalah 700 m². Seperti pada alternatif 1, kerusakan pada perkerasan beton diasumsikan sebesar 1% dari luasan permukaan setiap tahunnya yaitu seluas 7 m². Jika pada alternatif 1 diasumsikan bahwa di dalam luasan 3,5 m² terdapat 1 (satu) titik retak, maka dalam luasan 7 m² diasumsikan terdapat 2 (dua) titik retak yang perbaikannya adalah dengan cara

grouting. Jika pemeliharaan dilakukan 5 (lima) tahun sekali, maka terdapat 10 (sepuluh) titik *grouting*.

Dari hasil analisis diketahui bahwa setiap 5 titik *grouting* membutuhkan biaya sebesar Rp 448.796,23 sehingga biaya pemeliharaan perkerasan beton untuk alternatif 2 adalah Rp 448.796,23 x 2 = Rp 897.592,46.

Biaya pemeliharaan perkerasan beton sebesar Rp 897.592,46 ditetapkan sebagai nilai P dihitung setiap 5 tahun. Contoh perhitungan biaya pemeliharaan perkerasan beton selama umur rencana adalah sebagai berikut.

a. Tahun ke-5

$$F_5 = 897.592,46(1+0,0302)^5$$

$$= \text{Rp } 1.041.566,31$$

$$P_5 = 1.041.566,31 \left[\frac{1}{(1+0,065)^5} \right]$$

$$= \text{Rp } 760.219,29$$

3) Tahun ke-10

$$F_{10} = 897.592,46 (1+0,0302)^{10}$$

$$= \text{Rp } 1.208.633,57$$

$$P_{10} = 1.208.633,57 \left[\frac{1}{(1+0,065)^{10}} \right]$$

$$= \text{Rp } 643.870,57$$

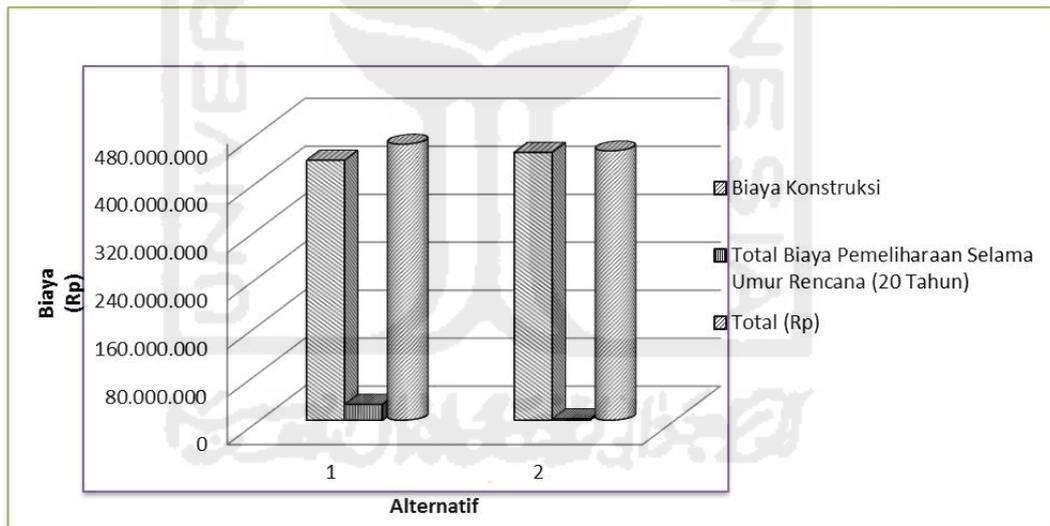
Total biaya pemeliharaan perkerasan beton untuk alternatif 2 pada tahun ke-5, 10, 15, dan 20 seperti dalam lampiran halaman L-11 adalah Rp 2.411.286,52 dibulatkan menjadi Rp 2.412.000,-.

Rangkuman perbandingan analisis biaya antara alternatif 1 dan alternatif 2 ditampilkan pada Tabel 5.10.

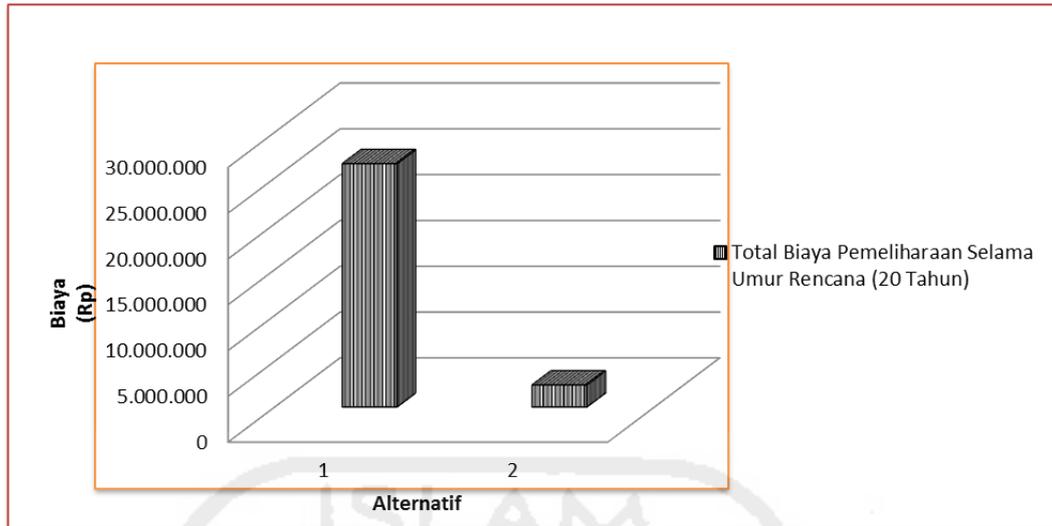
Tabel 5.10. Perbandingan Analisis Biaya

No	Uraian	Biaya Konstruksi (Rp)	Total Biaya Pemeliharaan Selama Umur Rencana (20 Tahun) (Rp)	Total (Rp)
1	Alternatif 1: a. pelebaran aspal (<i>flexible pavement</i>) b. pelapisan ulang (<i>overlay</i>) c. penggantian aspal lama dengan perkerasan beton semen (<i>rigid pavement</i>)	433.688.000	26.570.000	460.258.000
2	Alternatif 2 metode perkerasan beton semen (<i>rigid pavement</i>)	446.641.000	2.412.000	449.053.000

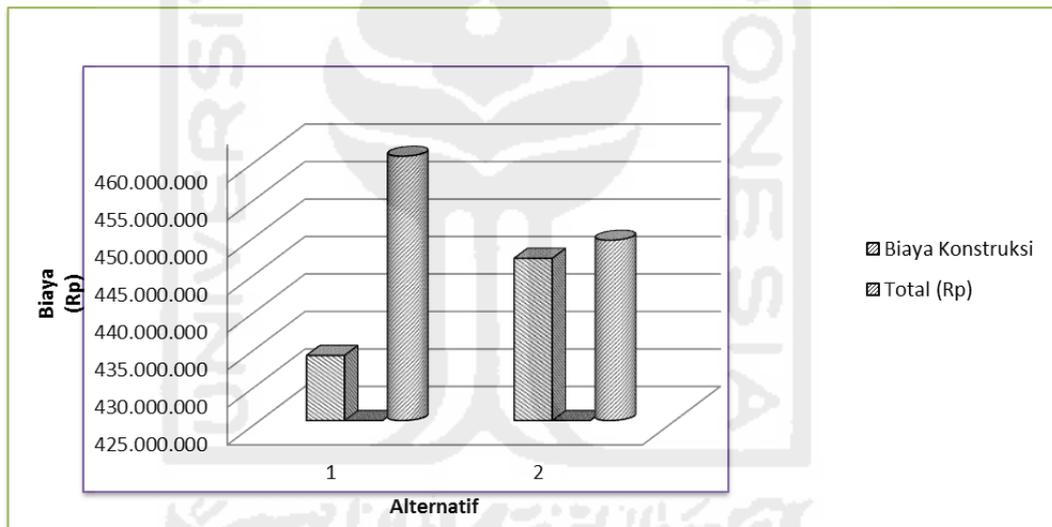
Berdasarkan Tabel 5.10 disajikan dalam bentuk grafik perbandingan analisis biaya antara alternatif 1 dan alternatif 2 ditunjukkan pada Gambar 5.10 hingga Gambar 5.12.



Gambar 5.10. Grafik Perbandingan Analisis dan Biaya



Gambar 5.11. Grafik Perbandingan Total Biaya Pemeliharaan Selama Umur Rencana (20 Tahun)



Gambar 5.12. Grafik Perbandingan Biaya Konstruksi dan Biaya Total Alternatif 1 dan Alternatif 2

Pada Gambar 5.10 hingga Gambar 5.12 dapat dijelaskan bahwa uraian biaya pekerjaan pada alternatif 1 diperoleh biaya konstruksi sebesar Rp 433.688.000,- dan biaya pemeliharaan selama 20 tahun diperoleh sebesar Rp 26.570.000,-. Sedangkan biaya pekerjaan pada alternatif 2 diperoleh biaya konstruksi sebesar Rp 446.641.000,- dan biaya pemeliharaan selama 20 tahun

diperoleh sebesar Rp 2.412.000,-. Sehingga total biaya pekerjaan masing-masing alternatif yaitu alternatif 1 Rp 460.258.000,- dan alternatif 2 Rp 449.053.000,-. Jika dibandingkan perbedaan biaya struktur perkerasan alternatif 1 dengan struktur perkerasan pada alternatif 2 terdapat selisih biaya sebesar:

$$\begin{aligned} \text{alternatif 1} - \text{alternatif 2} &= 460.258.000 - 449.053.000 \\ &= 11.205.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{selisih dalam persen} &= \frac{11.205.000}{460.258.000} \times 100\% \\ &= 2,43\% \end{aligned}$$

Gambar 5.12 memperlihatkan bahwa biaya total meliputi biaya konstruksi dan biaya pemeliharaan dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa biaya alternatif 2 (perkerasan beton semen (*rigid pavement*)) lebih murah jika dibandingkan dengan biaya alternatif 1 (pelebaran aspal (*flexible pavement*), pelapisan ulang (*overlay*), penggantian aspal lama dengan perkerasan beton semen (*rigid pavement*)) sebesar 2,43%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian tentang Analisis Perbaikan Perkerasan Pada Simpang Beserta Analisis Biayanya (Studi Kasus: Simpang Empat Giwangan pada Ruas Jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri)) telah selesai dilakukan. Berikut ini adalah uraian kesimpulan dan saran.

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan didapatkan kesimpulan seperti berikut ini.

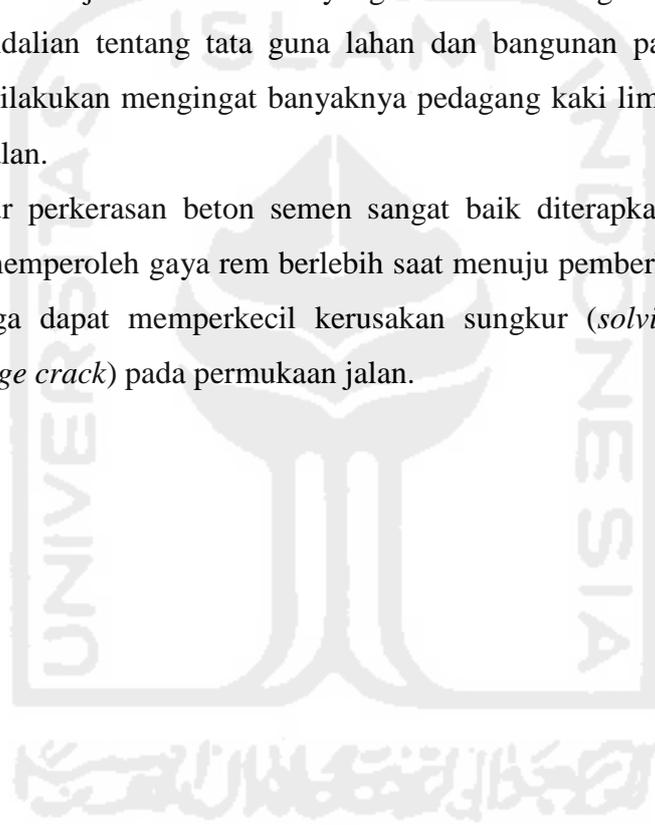
1. Struktur perkerasan yang tepat untuk perbaikan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) dapat dipilih struktur perkerasan beton semen (*rigid pavement*) pada alternatif 2 dengan lebar pekerjaan 7 meter. Adapun spesifikasi item pekerjaan dengan uraian yaitu:
 - a. perkerasan beton dengan tebal 20 cm,
 - b. plat per segmen dengan lebar 350 cm dan panjang 500 cm,
 - c. LMC (*lean mix concrete*) dengan tebal 10 cm,
 - d. sambungan melintang antar segmen berupa ruji polos (*dowel*) D32 dengan panjang 45 cm dan jarak antar ruji 30 cm, dan
 - e. baja ulir (*tie bar*) D16 dengan panjang 70 cm dan jarak antar ruji 75 cm, dengan fungsi *Tie bar* sebagai sambungan memanjang antar segmen.

2. Biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan di simpang empat pada ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri) dengan pilihan struktur perkerasan beton semen (*rigid pavement*) pada alternatif 2 sebesar Rp 449.053.000,-. Jika dibandingkan perbedaan biaya struktur perkerasan alternatif 1 dengan struktur perkerasan pada alternatif 2 terdapat selisih biaya sebesar 2,43%.

6.2. Saran-saran

Adapun saran dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Evaluasi dan peninjauan secara rutin terhadap kondisi perkerasan jalan yang berstatus jalan provinsi khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta perlu dilakukan.
2. Evaluasi lalu lintas perlu dilakukan setiap tahunnya mengingat tingkat pertumbuhan jumlah kendaraan yang ada terus meningkat.
3. Pengendalian tentang tata guna lahan dan bangunan pada fungsi simpang perlu dilakukan mengingat banyaknya pedagang kaki lima yang berjualan di bahu jalan.
4. Struktur perkerasan beton semen sangat baik diterapkan untuk lajur jalan yang memperoleh gaya rem berlebih saat menuju pemberhentian *traffic light*, sehingga dapat memperkecil kerusakan sungkur (*solving*) dan retak slip (*slippage crack*) pada permukaan jalan.



DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, Carto, 2010, *Pemilihan Teknik Perbaikan Perkerasan Jalan dan Biaya Penanganannya (Studi Kasus Pada Ruas Jalan Nguter – Wonogiri)*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta (tidak dipublikasikan)
- Bachnas, <http://bachnas.staff.uii.ac.id>, 2009, *Penyebab Kerusakan Jalan*
- Bank Indonesia (2017, Feb 2nd), www.bi.go.id
- Cahyono, Setiyo Daru, 2010, *Analisa Kerusakan dan Desain Perbaikan Outer Ring-road Kota Madiun*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta (tidak dipublikasikan)
- Departemen Pekerjaan Umum, Pd T-05-2005-B, *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Metoda Lendutan*, Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Nomor 03/MN/B/1983, *Manual Pemeliharaan Jalan*, Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*, Jakarta
- Hutomo, R. A, 2012, *Perencanaan Tebal Perkerasan Beserta Anggaran Biayanya Pada Lajur Khusus Bus Trans Pakuan Kota Bogor Koridor Terminal Bubulak-Pool Bus Wisata Baranangsiang*, Universitas Gunadarma, Jakarta (tidak dipublikasikan)

- Isneini, Mohd, 2009, *Kerusakan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang*, Jurnal Rekayasa, Volume 13, Universitas Lampung
- Kementerian Pekerjaan Umum, Nomor 02/M/BM/2013, *Manual Desain Perkerasan Jalan*, Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2013, *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum*, Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum, Lampiran I Peraturan Menteri PUPR No. 47/PRT/M/2015, *Penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang Infrastruktur*, Jakarta
- Nurahmi, Oktodelina; Gde Kartika, Anak Agung, 2012, *Perbandingan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku Serta Analisa Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung*, Jurnal Teknik ITS, Volume 1, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Oglesby, Clarkson H, 1999, *Teknik Jalan Raya Jilid 1*, Jakarta
- Prabowo, David Rachmat, 2010, *Analisis Ekonomi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Menggunakan Pile Slab Pada Ruas Jalan Babat – Bojonegoro*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (*tidak dipublikasikan*)
- Rachman, muchrahman.blogspot.co.id, 2011, *Pemeliharaan Jalan Raya*
- Sentosa, Leo; Roza, Astri Awal, 2012, *Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan Pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago – Sorek Km 77 s.d. 78)*, Jurnal Teknik Sipil, Volume 19, Universitas Riau,

- Shirley L. Hendarsin, 2000, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Bandung
- Sukirman, Silvia, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Jakarta
- Sukirman, Silvia, 2010, *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur*, Nova, Jakarta
- Sukismanto, 2010, *Ceramah Metode Pelaksanaan Jalan*, Yogyakarta (*tidak dipublikasikan*)
- Suryawan, Ari, 2013, *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, Beta, Yogyakarta
- Suwardo; Sugiharto, 2004, *Tingkat Kerataan Jalan Berdasarkan Alat Rolling Straight Edge Untuk Mengestimasi Kondisi Pelayanan Jalan (PSI dan RCI)*, Simposium VII FSTPT, Universitas Katolik Parahiyangan
- Tenriajeng, A. T, *Rekayasa Jalan Raya-2*, Gunadarma, Jakarta
- Waluyo,Rudi; dkk, 2008, *Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur*, Jurnal Teknik Sipil, Volume 9, Universitas Palangka Raya
- Yodi Aryangga, Muhammad; Gde Kartika, Anak Agung, 2013, *Perbandingan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku Serta Analisa Ekonominya pada Proyek Jalan Sindang Barang – Cidaun, Cianjur*, Jurnal Teknik Pomits, Volume 1, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- www.theconstructor.org/transportation, diakses tanggal 20 Maret 2017, pukul 13.45 WIB.



LAMPIRAN

**ANALISIS BIAYA PEMELIHARAAN PERKERASAN ASPAL
RUAS JALAN YOGYAKARTA - BARONGAN (IMOGIRI)**

No. Mata Pembay aran	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga - harga (Rupiah)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
10.1 (1)	DIVISI 10. PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN Pemeliharaan Rutin Perkerasan	LS	0.10	17,649,815.89	1,764,981.59
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 10 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					1,764,981.59



DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA

SPESIFIKASI 2010 Revisi 3

No. Mata Pembayaran	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)
a	b	c	d	e
10.1 (1)	DIVISI 10. PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN Pemeliharaan Rutin Perkerasan	LS	-	17,649,815.89

Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 10 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)



Jumlah Harga - harga (Rupiah)
$f = (d \times e)$
-
-



**ANALISIS BIAYA PERBAIKAN
RUAS JALAN YOGYAKARTA - BARONGAN (IMOGIRI)
ALTERNATIF 1**

No. Mata Pembayaran	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga - harga (Rupiah)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1.(1a)	Galian Biasa	M ³	101.00	47,255.72	4,772,827.72
3.1.(6)	Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Milling Machine	M ³	35.00	238,224.08	8,337,842.84
3.1.(8)	Galian Perkerasan berbutir	M ³	35.00	152,094.99	5,323,324.59
3.2.(2a)	Timbunan Pilihan dari sumber galian	M ³	30.00	345,750.23	10,372,506.90
3.3.(1)	Penyiapan Badan Jalan	M ²	200.00	3,298.43	659,686.33
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					29,466,188.38
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR					
5.1.(1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M ³	60.00	416,853.48	25,011,208.73
5.3.(1)	Perkerasan Beton Semen	M ³	70.00	1,941,644.67	135,915,126.74
5.3.(3)	Lapis Pondasi bawah Beton Korus	M ³	35.00	1,271,447.99	44,500,679.51
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					205,427,014.98
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL					
6.1 (1)(a)	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Liter	240.00	12,601.98	3,024,476.34
6.1 (2)(a)	Lapis Perekat - Aspal Cair	Liter	87.50	12,941.76	1,132,404.00
6.3(5a)	Laston Lapis Aus (AC-WC)	Ton	34.64	1,211,464.01	41,965,113.23
6.3(6a)	Laston Lapis Antara (AC-BC)	Ton	55.58	1,182,134.61	65,703,041.50
6.3(7a)	Laston Lapis Pondasi (AC-Base)	Ton	34.42	1,082,323.32	37,253,568.62
6.3.(8)	Bahan anti pengelupasan	Kg	166.74	61,710.00	10,289,525.40
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					159,368,129.09
Harga Pekerjaan					394,261,332.45
PPN 10%					39,426,133.24
Total					433,687,465.69

DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA

SPESIFIKASI 2010 Revisi 3

No. Mata Pembayaran	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga - harga (Rupiah)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1.(1a)	Galian Biasa	M ³	101.00	-	-
3.1.(6)	Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Milling Machine	M ³	35.00	238,224.08	8,337,842.84
3.1.(8)	Galian Perkerasan berbutir	M ³	35.00	-	-
3.2.(2a)	Timbunan Pilihan dari sumber galian	M ³	30.00	-	-
3.3.(1)	Penyiapan Badan Jalan	M ²	200.00	-	-
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					8,337,842.84
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR					
5.1.(1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M ³	60.00	-	-
5.3.(1)	Perkerasan Beton Semen	M ³	-	-	-
5.3.(3)	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	M ³	-	-	-
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					-
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL					
6.1 (1)(a)	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Liter	240.00	-	-
6.1 (2)(a)	Lapis Perekat - Aspal Cair	Liter	87.50	-	-
6.3(5a)	Laston Lapis Aus (AC-WC)	Ton	34.64	-	-
6.3(6a)	Laston Lapis Antara (AC-BC)	Ton	55.58	-	-
6.3(7a)	Laston Lapis Pondasi (AC-Base)	Ton	34.42	-	-
6.3.(8)	Bahan anti pengelupasan	Kg	166.74	-	-
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					-

**ANALISIS BIAYA PERBAIKAN
RUAS JALAN YOGYAKARTA - BARONGAN (IMOGIRI)
ALTERNATIF 2**

No. Mata Pembaya ran	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga - harga (Rupiah)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1.(1a)	Galian Biasa	M ³	90.00	47,255.72	4,253,014.80
3.1.(6)	Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Milling Machine	M ³	50.00	238,224.08	11,911,204.05
3.1.(8)	Galian Perkerasan berbutir	M ³	100.00	152,094.99	15,209,498.84
3.2.(2a)	Timbunan Pilihan dari sumber galian	M ³	30.00	345,750.23	10,372,506.90
3.3.(1)	Penyiapan Badan Jalan	M ²	200.00	3,298.43	659,686.33
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					42,405,910.91
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR					
5.3.(1)	Perkerasan Beton Semen	M ³	140.00	1,941,644.67	271,830,253.48
5.3.(3)	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	M ³	70.00	1,271,447.99	89,001,359.01
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					360,831,612.49
DIVISI 7. STRUKTUR					
7.3 (3)	Baja U 32 Ulir (Tie bar D16)	Kg	180.00	15,553.75	2,799,675.00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					2,799,675.00
				Harga Pekerjaan	406,037,198.40
				PPN 10%	40,603,719.84
				Total	446,640,918.24



DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA

SPESIFIKASI 2010 Revisi 3

No. Mata Pembay aran	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga - harga (Rupiah)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1.(1a)	Galian Biasa	M ³	90.00	-	-
3.1.(6)	Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Milling Machine	M ³	50.00	238,224.08	11,911,204.05
3.1.(8)	Galian Perkerasan berbutir	M ³	100.00	-	-
3.2.(2a)	Timbunan Pilihan dari sumber galian	M ³	30.00	-	-
3.3.(1)	Penyiapan Badan Jalan	M ²	200.00	-	-
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					11,911,204.05
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR					
5.3.(1)	Perkerasan Beton Semen	M ³	-	-	-
5.3.(3)	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	M ³	-	-	-
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					-
DIVISI 7. STRUKTUR					
7.3 (3)	Baja Tulangan U 32 Ulir	Kg	180.00	15,553.75	2,799,675.00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					-





Perhitungan Biaya Pemeliharaan Alternatif 1

Uraian	Future Worth (F) $F = P(1+i)^n$		Present Worth (P) $P = F[1/(1+i)^n]$	
Biaya Pemeliharaan Aspal Rp 1,764,981.59 Inflasi (i) 3.02% BI rate 6.50%	F1	Rp 1,818,284.03	P1	Rp 1,707,308.95
	F2	Rp 1,873,196.21	P2	Rp 1,651,520.83
	F3	Rp 1,929,766.74	P3	Rp 1,597,555.64
	F4	Rp 1,988,045.69	P4	Rp 1,545,353.82
	F5	Rp 2,048,084.67	P5	Rp 1,494,857.75
	F6	Rp 2,109,936.83	P6	Rp 1,446,011.70
	F7	Rp 2,173,656.92	P7	Rp 1,398,761.74
	F8	Rp 2,239,301.36	P8	Rp 1,353,055.72
	F9	Rp 2,306,928.26	P9	Rp 1,308,843.20
	F10	Rp 2,376,597.50	P10	Rp 1,266,075.36
	F11	Rp 2,448,370.74	P11	Rp 1,224,705.01
	F12	Rp 2,522,311.54	P12	Rp 1,184,686.48
	F13	Rp 2,598,485.35	P13	Rp 1,145,975.60
	F14	Rp 2,676,959.60	P14	Rp 1,108,529.64
	F15	Rp 2,757,803.78	P15	Rp 1,072,307.26
	F16	Rp 2,841,089.46	P16	Rp 1,037,268.49
	F17	Rp 2,926,890.36	P17	Rp 1,003,374.64
	F18	Rp 3,015,282.45	P18	Rp 970,588.32
	F19	Rp 3,106,343.98	P19	Rp 938,873.32
	F20	Rp 3,200,155.57	P20	Rp 908,194.64
Jumlah F		Jumlah P		
Rp 48,957,491.03		Rp 25,363,848.11		

Uraian	Future Worth (F) $F = P(1+i)^n$		Present Worth (P) $P = F[1/(1+i)^n]$	
Biaya Pemeliharaan Perkerasan Beton Rp 448,796.23	F5	520,783.15	P5	380,109.64
Waktu Pemeliharaan setiap 5 tahun	F10	604,316.78	P10	321,935.28
	F15	701,249.21	P15	272,664.29
	F20	813,729.59	P20	230,934.04
	Jumlah F		Jumlah P	
Rp 2,640,078.74		Rp 1,205,643.26		
Inflasi (i)	3.02%			
BI rate	6.50%			

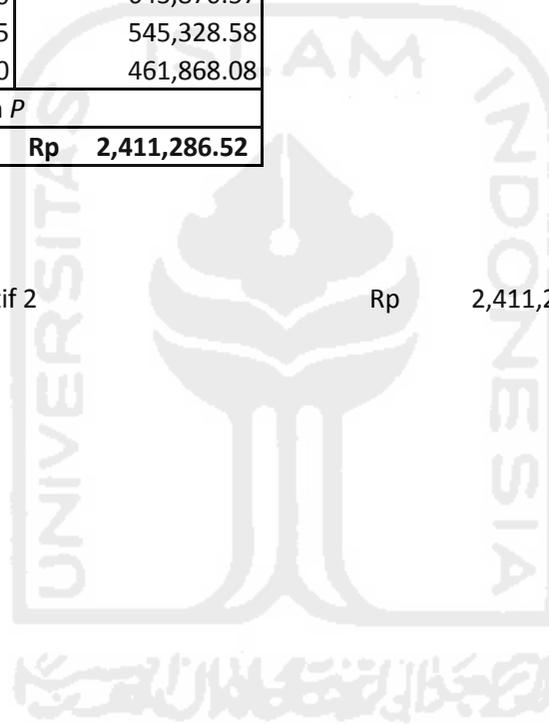
Biaya pemeliharaan alternatif 1 Rp 26,569,491.38

Perhitungan Biaya Pemeliharaan Alternatif 2

Uraian	<i>Future Worth (F)</i> $F = P(1+i)^n$		<i>Present Worth (P)</i> $P = F[1/(1+i)^n]$	
Biaya Pemeliharaan	F5	1,041,566.31	P5	760,219.29
Perkerasan Beton	F10	1,208,633.57	P10	643,870.57
Rp 897,592.46	F15	1,402,498.41	P15	545,328.58
Waktu Pemeliharaan	F20	1,627,459.19	P20	461,868.08
setiap 5 tahun	Jumlah <i>F</i>		Jumlah <i>P</i>	
	Rp	5,280,157.48	Rp	2,411,286.52
Inflasi (<i>i</i>)	3.02%			
Bl rate	6.50%			

Biaya pemeliharaan alternatif 2

Rp 2,411,286.52



DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA SATKER : PELAKSANA JALAN NASIONAL WILAYAH PROVINSI D.I. YOGYAKARTA RUAS/JBT :		ANALISA HARGA SATUAN PEMELIHARAAN RUTIN			
		NO. & JENIS PEKERJAAN	SATUAN	HARGA SATUAN	
		ST5(4) Grouting Perkerasan Beton	Kg	Rp	448,796.23
PROPINSI : D.I. YOGYAKARTA KAB. :		DISIAPKAN OLEH : PELAKSANA LAPANGAN TANGGAL :			
URAIAN :		ANGGAPAN/ASUMSI :			
1. Mobilisasi peralatan, pekerja, dan material ke lapangan		1. Hari kerja per minggu 6.00 hari			
2. Tempatkan rambu pengaman pada areal perbaikan dan alihkan lalu lintas		2. Jam kerja efektif per hari 7.00 jam			
3. Tandai area yang akan diperbaiki		3. Kapasitas produksi per tim per hari 15.00 Kg			
4. Bahan epoxy dicampur dan diaduk menggunakan alat pencampur		3. Bahan 1 Kg Epoxy : 5 Titik Injektor			
5. Epoxy yang sudah tercampur dimasukan kedalam alat grouting dan dipompa kan ke dalam injektor					
6. Angkat peralatan ke atas Pick Up					
7. Angkat kembali rambu pengaman					
8. Demobilisasi					
NO./ KODE	KOMPONEN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN	BIAYA
A	TENAGA KERJA :				
	- Kepala Tukang	OH	0.2000	65,000.00	13,000.00
	- Tukang	OH	0.2000	60,000.00	12,000.00
	- Pekerja	OH	0.8000	50,000.00	40,000.00
	Sub Total				65,000.00
B	BAHAN / MATERIAL :				
	- Epoxy resin	Kg	1.0000	200,000.00	200,000.00
	- Sealant	Kg	1.0000	7,200.00	7,200.00
	- Injektor Plastik : analisa terpisah !	Buah	5.0000	30,125.00	150,625.00
	BAHAN UTK ALAT				
	- Solar	Ltr	0.0367	8,900.00	326.42
	- Pertamina	Ltr	1.3353	9,100.00	12,151.40
- Pelumas	Ltr	0.0500	37,500.00	1,875.00	
	- Filter-filter	Unit	0.0108	150,000.00	1,618.41
	Sub Total				373,796.23
C 222 249 300	PERALATAN :				
	- Pick Up	Jam	0.5230	-	-
	- Pan Mixer	Jam	0.0361	-	-
	- Air Compressor	Jam	0.0450	-	-
	- Alat Bantu Grouting	Ls	1.0000	10,000.00	10,000.00
	Sub Total				10,000.00
	T o t a l				448,796.23

DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA SATKER : PELAKSANA JALAN NASIONAL WILAYAH PROVINSI D.I. YOGYAKARTA RUAS/JBT :		ANALISA HARGA SATUAN PEMELIHARAAN RUTIN			
		NO. & JENIS PEKERJAAN	SATUAN	HARGA SATUAN	
		Injektor Plastik	Buah	Rp	30,125.00
PROPINSI : D.I. YOGYAKARTA KAB. : URAIAN :		DISIAPKAN OLEH : PELAKSANA LAPANGAN TANGGAL : ANGGAPAN/ASUMSI : 1. Hari kerja per minggu 6.00 hari 2. Jam kerja efektif per hari 7.00 jam 3. Kapasitas produksi per tim per hari 75.00 Buah			
NO./ KODE	KOMPONEN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN	BIAYA
A	TENAGA KERJA : - Tukang - Pekerja	OH OH	0.1000 0.1000	60,000.00 50,000.00	6,000.00 5,000.00
Sub Total					11,000.00
B	BAHAN / MATERIAL : - Injektor - Selang BAHAN UTK ALAT	Buah m	1.0000 0.2500	18,500.00 500.00	18,500.00 125.00
Sub Total					18,625.00
C	PERALATAN : - Alat Bantu	Ls	1.0000	500.00	500.00
Sub Total					500.00
T o t a l					30,125.00