

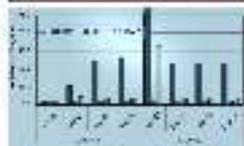
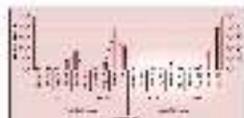
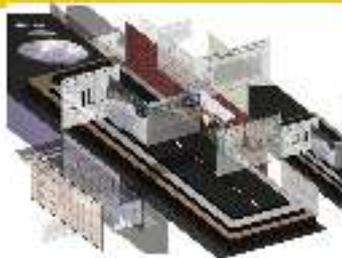
WILLY PRAVIANTO



FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
**JALAN DAN  
JEMBATAN**

WILLY PRAVIANTO

# KAJIAN EKONOMI DAN VARIASI PERKERASAN JALAN LENTUR (DAUR ULANG)



TABEL 1.1	
NO	Uraian
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan biaya per meter persegi untuk berbagai variasi perkerasan jalan lentur dengan menggunakan metode analisis biaya siklus hidup (Life Cycle Cost Analysis) untuk mengetahui biaya yang paling ekonomis.

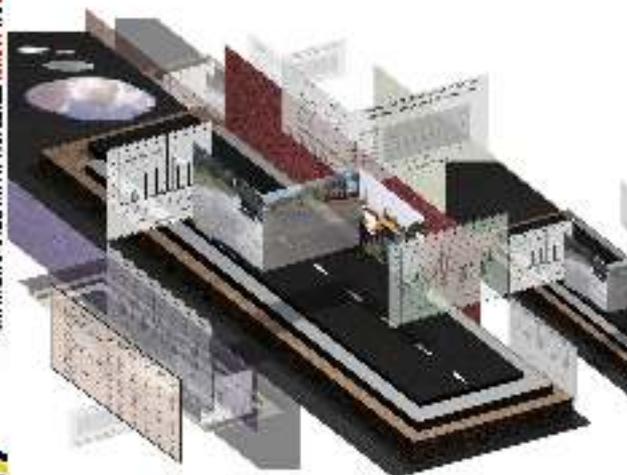
Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya per meter persegi untuk perkerasan jalan lentur dengan menggunakan metode analisis biaya siklus hidup (Life Cycle Cost Analysis) adalah Rp. 1.200.000,00 per meter persegi.

Kelebihan dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi yang berguna bagi para perencana dan pelaksana proyek pembangunan jalan lentur, serta dapat menjadi acuan bagi para peneliti selanjutnya.

OLEH PERAKSI

SAAT CAKUPAN DAN KEMERDEKAAN

# KAJIAN EKONOMI DAN VARIASI PERKERASAN JALAN LENTUR (DAUR ULANG)

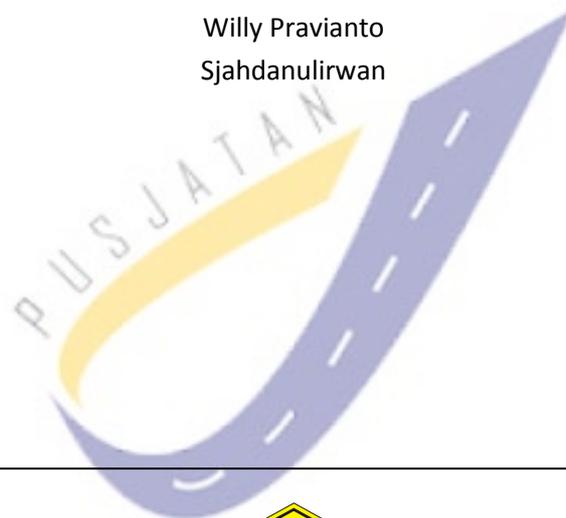


FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
**JALAN DAN  
JEMBATAN**



# KAJIAN EKONOMI DAN VARIASI PERKERASAN JALAN LENTUR (DAUR ULANG)

Willy Pravianto  
Sjahanulirwan



**INFORMATIKA**  
Bandung

**KAJIAN EKONOMI DAN VARIASI PERKERASAN JALAN LENTUR  
(DAUR ULANG)**

Desember, 2011

Cetakan ke-1, 2011, (xxii + 90 halaman)

©Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

**No. ISBN** : 978-602-8758-68-0  
**Kode Kegiatan** : 04-PPK3-01-140-11  
**Kode Publikasi** : IRE-TR-042/ST/2011  
**Kata Kunci** : daur ulang, ekonomi, lentur

**Penulis:**

Willy Pravianto, S.T.

Prof (R) DR. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc .

**Editor:**

Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc.

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN 2011, pada paket pekerjaan **Kajian Ekonomi dan Variasi Perkerasan Jalan Lentur**.

Pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini tidak menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum, unsur pimpinan, maupun institusi pemerintah lainnya.

Kementerian Pekerjaan Umum tidak menjamin akurasi data yang disampaikan dalam publikasi ini, dan tanggung jawab atas data dan informasi sepenuhnya dipegang oleh penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum mendorong percetakan dan memperbanyak informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersif dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum. Pengguna dibatasi dalam menjual kembali, mendistribusikan atau pekerjaan kreatif turunan untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pekerjaan Umum.

**Diterbitkan oleh:**

Penerbit Informatika - Bandung

**Pemesanan melalui:**

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan

info@pusjatan.pu.go.id

# TENTANG PUSLI TBANG JALAN DAN JEMBATAN

Merupakan lembaga litbang yang bertanggung jawab mencari berbagai investasi di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi serta menggali potensi pelayanaannya (inovasi).

Memiliki visi sebagai lembaga penelitian dan pengembangan terkemuka dan terpercaya, dengan misi yang terdiri atas:

1. Meneliti dan mengembangkan teknologi bidang jalan dan jembatan yang inovatif, aplikasi, dan berdaya saing.
2. Memberikan pelayanan teknologi dalam rangka mewujudkan jalan dan jembatan yang handal.
3. Menyebarluaskan dan mendorong penerapan hasil litbang bidang jalan dan jembatan.

## KEANGGOTAAN TIM TEKNIS DAN SUBTIM TEKNIS

- Tim Teknis dan Sub Tim Teknis:
1. Prof (R). Dr. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc
  2. Ir. Agus Bari Sailendra, MT
  3. Prof (R). Ir. Lanneke Tristanto, APU
  4. Prof (R). Dr. Ir. Furqon Affandi, M.Sc
  5. Ir. GJW Fernandez
  6. Ir. Soedarmanto Darmonegoro
  7. Dr. Djoko Widajat, M.Sc
  8. Ir. Kurniadji, MT
  9. Dr. Ir. Siegfried, M.Sc
  10. Dr. Ir. R. Anwar Yamin, M.Sc



# Kata Pengantar

Nilai ekonomi dari suatu perkerasan lentur merupakan suatu hal yang sangat penting dalam pekerjaan perkerasan lentur agar diharapkan sesuai rencana. Berdasarkan strategi serta kajian ekonomi yang tepat maka kondisi perkerasan lentur dapat terpelihara secara efisien.

Oleh karena itu, nilai ekonomi dari suatu variasi perkerasan jalan lentur perlu disesuaikan dengan kondisi jalan pada proses awal pekerjaan perkerasan jalan maupun pada saat jalan telah selesai dibuat.

Kajian kelayakan ekonomi ini diperlukan sebagai usaha untuk mengetahui sejauh mana kelayakan rencana proyek yang diusulkan, sebagai suatu bentuk pengalokasian sumber daya ekonomi wilayah pada masa mendatang akan memberikan keuntungan ekonomi bagi masyarakat



# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Lampiran .....	xvii
Daftar Istilah.....	xix
<b>BAB 1. Pendahuluan .....</b>	<b>1</b>
<b>BAB 2. Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....</b>	<b>3</b>
2.1 Lapisan Permukaan ( <i>Surface Course</i> ) .....	5
2.2 Lapisan Pondasi Atas ( <i>Base Course</i> ) .....	7
2.3 Lapisan Pondasi Bawah ( <i>Subbase Course</i> ) .....	8
2.4 Lapisan Tanah Dasar ( <i>Subgrade</i> ) .....	9
<b>BAB 3. Daur Ulang (<i>Recycling</i>) .....</b>	<b>11</b>
3.1 CTRB ( <i>Cement Treated Recycling Base</i> ) .....	14
3.2 CMRFB ( <i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i> ).....	15
3.3 HMRA ( <i>Hot Mix Recycling Asphalt</i> ) .....	18
<b>BAB 4. Analisis Kelayakan Ekonomi.....</b>	<b>21</b>
4.1 Biaya – Biaya .....	24
4.1.1 Biaya Agen (Pihak)/Pelaksana .....	24

4.1.2	Biaya Pengguna.....	26
4.2	Perhitungan Perbandingan Alternatif .....	28
4.2.1	NPV ( <i>Net Present Value</i> ) .....	28
4.2.2	EUAC ( <i>Equivalent Uniform Annual Costs</i> ) .....	30
4.2.3	IRR ( <i>Internal Rate of Return</i> ).....	30
4.2.4	Tingkat Diskonto ( <i>Discount Rate</i> ) .....	32
4.2.5	B/C Ratio ( <i>Benefit Cost Ratio</i> ) .....	32
4.3	Perhitungan Perbandingan Alternatif .....	33
4.3.1	Analisis Sensifitas (Kepekaan).....	33
4.3.2	Analisis Probabilitas (Kemungkinan) .....	34
4.4	Harga Satuan Dasar .....	35
4.4.1	Pengertian Harga Satuan Dasar.....	35
4.4.2	Tenaga Kerja .....	36
4.5	Harga Satuan Pekerjaan .....	37
4.5.1	Pengertian Harga Satuan Pekerjaan .....	37
4.5.2	Bahan.....	37
4.5.3	Tenaga Kerja .....	38
4.5.4	Biaya Umum & Keuntungan .....	39
4.5.5	Estimasi Biaya .....	39
4.6	Keuntungan (Benefit) .....	40
4.6.1	Biaya Operasional Kendaraan (BOK)/ <i>Vehicle Operating Cost (VOC)</i> .....	40
4.6.2	Nilai Waktu Pelajaran/ <i>Value of Travel Time Saving (VTTS)</i> .....	41
4.6.3	Biaya Kecelakaan/ <i>Accident Cost</i> .....	42
<b>BAB 5.</b>	<b>HDM-4.....</b>	<b>45</b>
5.1	Analisis Pekerjaan .....	45
5.2	Analisis Program .....	47
5.3	Analisis Strategi.....	47
5.4	Analisis Penelitian, Regulasi, dan Kebijakan .....	48
5.4.1	Perbaikan dan Pemeliharaan Jalan .....	48
5.4.2	Pemodelan dalam HDM-4 .....	51
5.5	Implementasi HDM-4 Dalam Sistem Manajemen Jalan ...	55

5.5.1	Pengumpulan Data ( <i>Data Collection</i> ).....	55
5.5.2	Manajemen Database ( <i>Database Management</i> ) ..	55
5.5.3	Pendukung suatu Keputusan ( <i>Decision Support</i> ) ...	56
5.5.4	Informasi Manajemen ( <i>Management Information</i> )	57
5.6	Adaptasi HDM-4 dalam kondisi Lokal .....	57
5.7	Kesimpulan Penggunaan HDM-4.....	59
<b>BAB 6.</b>	<b>Contoh Hitungan Analisis Kelayakan Ekonomi .....</b>	<b>61</b>
6.1	Adaptasi HDM-4 dalam kondisi Lokal .....	61
6.2	Analisis Ketebalan Lapisan Perkerasan .....	62
6.2.1	Alternatif I ( <i>CTRB/Cement Treated Recycling Base</i> )	62
6.2.2	Alternatif II ( <i>CMRFB/Cement Mix Recycling Foam Bitumen</i> ).....	63
6.2.3	Alternatif III ( <i>Konvensional/Biasa</i> ).....	64
6.2.4	Alternatif IV ( <i>Initial Cost</i> ).....	65
6.3	Analisis Biaya Pekerjaan ( <i>Initial Cost</i> ) .....	66
6.4	Analisis Biaya Pemeliharaan ( <i>Maintenance Cost</i> ) .....	68
6.4.1	Data LHR (Lalu lintas Harian Rata-rata).....	68
6.4.2	Data Kondisi Jalan .....	68
6.4.3	Data Harga Satuan Pekerjaan Pemeliharaan Jalan	78
6.4.4	Foto Kerukan Jalan .....	79
6.5	Data Survei Kondisi Jalan ( <i>PCS</i> ).....	81
6.6	Data Harga Satuan Penanganan Jalan.....	83
6.7	Analisis Harga Satuan Pemeliharaan .....	84
6.8	Penutup dan Kesimpulan .....	87
<b>Daftar Pustaka</b> .....		<b>89</b>



# Daftar Tabel

Tabel 3-1.	Kelebihan dan Kekurangan Teknologi Daur Ulang.....	12
Tabel 3-2.	Daur Ulang Berdasarkan Cara Pencampurannya .....	14
Tabel 3-3.	Kuat Tekan CTRB dan CTRSB .....	15
Tabel 3-4.	Persyaratan ITS ( <i>Filler Semen</i> ) .....	17
Tabel 3-5.	Persyaratan ITS ( <i>Filler Hidrate Lime</i> ) .....	18
Tabel 4-1.	Perbandingan Analisis Finansial dan Analisis Ekonomi .....	23
Tabel 4-2.	Penggunaan Biaya-Biaya Dalam Analisis Finansial dan Analisis Ekonomi.....	24
Tabel 5-1.	Standar Kumpulan Data Jaringan Jalan .....	50
Tabel 5-2.	Model Penekanan Pada HDM-4 .....	54
Tabel 5-3.	Klasifikasi Perkerasan Jalan .....	55
Tabel 6-1.	Nilai Inflasi Tahun 2004 – 2009 .....	62
Tabel 6-2.	Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Daur Ulang CTRB ( <i>Cement Treated Recycling Base</i> ).....	63
Tabel 6-3.	Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Daur Ulang CMRFB ( <i>Cement Mix Recycling Foam Bitumen</i> ) .....	64
Tabel 6-4.	Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Daur Ulang Gabungan CTRB dan CMRFB .....	64
Tabel 6-5.	Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Perkerasan Konvensional/Biasa .....	65
Tabel 6-6.	Hasil Perhitungan <i>Initial Cost</i> Alternatif Pekerjaan .....	66

Tabel 6-7.	Kedalaman alur perkerasan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang Palimanan, arah Jatibarang.....	69
Tabel 6-8.	Jenis dan kuantitas kerusakan perkerasan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang Palimanan, arah Jatibarang.....	70
Tabel 6-9.	Data Ketidakrataan Perkerasan Lokasi Uji Coba CTRB ruas Jatibarang – Palimanan, arah Jatibarang .....	71
Tabel 6-10.	Kedalaman alur lokasi uji coba uji coba teknologi <i>recycling</i> di ruas Jatibarang-Palimanan .....	72
Tabel 6-11.	Jenis dan kuantitas kerusakan lokasi uji coba uji coba teknologi <i>recycling</i> di ruas Jatibarang Palimanan .....	73
Tabel 6-12.	Data Ketidakrataan Perkerasan uji coba uji coba teknologi <i>recycling</i> ruas Jatibarang Palimanan, arah Jatibarang .....	74
Tabel 6-13.	Data kondisi dan ketidakrataan permukaan perkerasan arah Palimanan – Jatibarang .....	75
Tabel 6-14.	Kedalaman alur lokasi uji coba uji coba teknologi <i>recycling</i> di ruas Cirebon – Losari sta 26+500-30+000 .....	76
Tabel 6-15.	Jenis dan kuantitas kerusakan lokasi uji coba uji coba teknologi <i>recycling</i> di ruas Cirebon-Losari .....	76
Tabel 6-16.	Data Ketidakrataan Perkerasan uji coba uji coba teknologi <i>recycling</i> ruas Losari – Cirebon .....	77
Tabel 6-17.	Data kondisi dan ketidakrataan permukaan perkerasan arah Losari – Cirebon .....	77
Tabel 6-18.	Data kondisi jalan ruas Palimanan – Jatibarang (Pelaksanaan Uji Skala Penuh tahun 2007) .....	81
Tabel 6-19.	Data kondisi jalan ruas Losari - Cirebon (Pelaksanaan Uji Skala Penuh tahun 2008) .....	82
Tabel 6-20.	Data kondisi jalan ruas Palimanan – Jatibarang (konvensional) .....	82
Tabel 6-21.	Data kondisi jalan ruas Losari – Cirebon (konvensional)....	82
Tabel 6-22.	Data Harga Satuan Penanganan Jalan.....	83
Tabel 6-23.	Harga Satuan Pemeliharaan Jalan (persatuan jenis pekerjaan) .....	84
Tabel 6-24.	Analisis Biaya Pemeliharaan Jalan Ruas Palimanan – Jatibarang (Pelaksanaan Uji Skala Penuh tahun 2007) .....	84

Tabel 6-25. Analisis Biaya Pemeliharaan Jalan Ruas Losari – Cirebon (Pelaksanaan Uji Skala Penuh tahun 2008) .....	85
Tabel 6-26. Analisis Biaya Pemeliharaan Jalan Ruas Palimanan – Jatibarang (perkerasan jalan konvensional tahun 2008) ...	85
Tabel 6-27. Analisis Biaya Pemeliharaan Jalan Ruas Losari - Cirebon (perkerasan jalan konvensional tahun 2009) .....	85





# Daftar Gambar

Gambar 2-1.	Penyebaran Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan.....	4
Gambar 2-2.	Susunan Lapis konstruksi perkerasan Lentur.....	5
Gambar 3-1.	Skema Terbentuknya <i>Foam Bitumen</i> .....	16
Gambar 3-2.	Ilustrasi Nilai <i>Expansion</i> dan <i>Half-life</i> .....	17
Gambar 4-1.	Hubungan Antara VOC dan kekasaran bentang jalan di <i>Washington State</i> .....	28
Gambar 5-1.	Pendekatan Analisis Strategi.....	48
Gambar 5-2.	Grafik Sketsa Pemeliharaan dan Rehabilitasi Kinerja Perkerasan Jalan.....	49
Gambar 5-3.	Hubungan antara Area Retak dan Umur Pakerasan .....	51
Gambar 5-4.	Hubungan Rutting dan Umur Perkerasan .....	52
Gambar 5-5.	Hubungan Antar Kerusakan .....	53
Gambar 5-6.	Hubungan Kondisi Perkerasan dan Lalulintas atau Waktu .....	28
Gambar 6-1.	Lapisan Daur Ulang CTRB ( <i>Cement Treated Recycling Base</i> ).....	62
Gambar 6-2.	Lapisan Daur Ulang CMRFB ( <i>Cement Mix Recycling Foam Bitumen</i> ).....	63
Gambar 6-3.	Lapisan Perkerasan Daur Ulang Gabungan CMRFB dan CTRB .....	64

Gambar 6-4.	Lapisan Perkerasan Konvensional / Biasa .....	65
Gambar 6-5.	Grafik Perbandingan SN ( <i>Structural Number</i> ) dan <i>Initial Cost</i> .....	66
Gambar 6-6.	Kedalaman alur perkerasan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang Palimanan, arah Jatibarang .....	69
Gambar 6-7.	Presentase kerusakan perkerasan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang – Palimanan, arah Jatibarang tahun sebelumnya .....	70
Gambar 6-8.	Nilai Ketidakrataan perkerasan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang – Palimanan, arah Jatibarang tahun sebelumnya .....	71
Gambar 6-9.	Kedalaman alur lokasi uji coba uji coba teknologi <i>recycling</i> di ruas Jatibarang Palimanan observasi tahun sebelumnya .....	72
Gambar 6-10.	Nilai Ketidakrataan lokasi uji coba uji coba teknologi <i>recycling</i> di ruas Jatibarang Palimanan tahun sebelumnya .....	74
Gambar 6-11.	Kuantitas kerusakan perkerasan pada lokasi ruas jalan Palimanan –Jatibarang (CMRFB <i>in plant</i> ) .....	76
Gambar 6-12.	Kuantitas kerusakan perkerasan pada lokasi ruas jalan Cirebon-Losari (HMRA dan CMRFB <i>in plant</i> ) .....	78
Gambar 6-13.	Jalan ambles .....	79
Gambar 6-14.	Jalan <i>stripping</i> .....	79
Gambar 6-15.	Jalan retak .....	80
Gambar 6-16.	Jalan keriting .....	80
Gambar 6-17.	Jalan alur .....	81

# Daftar Lampiran

Lampiran I	Harga Satuan Pekerjaan Daur Ulang
Lampiran II	Perhitungan <i>Initial Cost</i> Pekerjaan Daur Ulang
Lampiran III	Lalulintas Harian Rata-rata Jawa Barat





# Daftar Istilah

**Alur (*rutting*)**

Alur jejak ban kendaraan yang disebabkan oleh kadar aspal yang kurang sesuai kebutuhan

**AMP (*Asphalt Mixing Plant*)**

Seperangkat peralatan pencampur yang menghasilkan produk berupa campuran beraspal panas

**B/C Ratio (*Benefit Cost Ratio*)**

Analisis manfaat dan biaya yang merupakan analisis untuk mengetahui besaran keuntungan atau kerugian serta kelayakan suatu proyek

**CBR (*California Bearing Ratio*)**

Nilai yang digunakan untuk menunjukkan kekuatan suatu tanah dasar

**CMRFB (*Cement Mix Recycling Foam Bitumen*)**

Lapisan pondasi dengan menggunakan daur ulang lapisan pondasi sebelumnya yang dicampur busa aspal

**CTRB (*Cement Treated Recycling Base*)**

Lapisan pondasi dengan menggunakan daur ulang lapisan pondasi sebelumnya yang dicampur semen sebagai bahan tambah

**ESAL (*Equivalent Single Axle Load*)**

Beban gandar tunggal pada kendaraan yang digunakan sebagai patokan dalam perhitungan jumlah kendaraan yang melintas di jalan

**EUAC (*Equivalent Uniform Annual Cost*)**

Nilai yang ditentukan dengan mengubah atau mengkonversikan semua biaya proyek ke biaya tahunan terulang yang seragam atau sama selama periode analisis

**Foam Bitumen**

Suatu busa aspal yang terjadi ketika sejumlah air dingin yang didispersikan pada aspal panas dengan suatu tekanan udara

**HMRA (*Hot Mix Recycling Asphalt*)**

Lapisan permukaan dengan menggunakan daur ulang lapisan permukaan sebelumnya yang dicampur secara panas (campuran panas)

**HRS (*Hot Rolled Sheet*)**

Lapisan permukaan jalan tipis yang dicampur secara pencampuran panas bergradasi seragam

***In place recycling***

Proses daur ulang perkerasan jalan yang dilakukan di tempat pelaksanaan daur ulang tersebut dengan menggunakan peralatan daur ulang yang menerus

***In plant recycling***

Proses daur ulang perkerasan jalan yang dilakukan di tempat instalasi atau AMP

**Initial Cost**

Biaya pekerjaan yang dihitung berdasarkan atas biaya pekerjaan atau biaya konstruksi awal suatu pekerjaan atau proyek

**IRI (*International Roughness Index*)**

Nilai ukuran yang menunjukkan ketidakrataan perkerasan jalan

**IRR (*Internal Rate of Return*)**

Tingkat pengembalian investasi yang dihasilkan suatu proyek yang diukur dengan membandingkan aliran uang yang dihasilkan dengan investasi yang dikeluarkan

**ITS (*Indirect Tensile Strength*)**

Nilai yang menunjukkan kekuatan tarik tak langsung suatu campuran beraspal

**Konservasi**

Pemeliharaan dan perlindungan sesuatu secara teratur untuk mencegah kerusakan dengan melakukan daur ulang

**LCCA (*Life Cycle Cost Analysis*)**

Analisis mengenai biaya keseharian yang dikeluarkan yang dipengaruhi oleh suatu pekerjaan yang sedang berlangsung hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan

**LHR (*Lalulintas Harian Rata-rata*)**

Nilai yang menunjukkan keadaan lalu-lintas yang terdapat pada jalan dalam sehari

**Life Cycle Cost**

Biaya yang dikeluarkan oleh pihak-pihak yang berhubungan dengan perkerasan jalan, baik pengguna jalan maupun instansi yang membuat jalan, yang saling berkaitan

**NPV (*Net Present Value*)**

Nilai yang ditentukan dengan mengubah semua biaya proyek ke biaya awal atau biaya sekarang

**Overlay**

Pekerjaan jalan yang dilakukan dengan meninggikan elevasi permukaan jalan dan berfungsi sebagai pemeliharaan permukaan jalan yang rusak

**PI (*Plasticity Index*)**

Suatu indeks atau ukuran tingkat plastis suatu lapisan perkerasan jalan (lapis pondasi dan lapisan tanah dasar)

**RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*)**

Suatu hasil garukan lapisan beraspal perkerasan jalan yang digunakan dalam proses daur ulang perkerasan jalan

**Raveling**

Pelepasan butiran agregat pada perkerasan jalan yang disebabkan oleh kurangnya daya rekat aspal antar agregat

**SN (*Structural Number*)**

Nilai perkerasan yang digunakan dalam perhitungan perencanaan ketebalan perkerasan jalan

**Tambalan (*Patching*)**

Suatu pekerjaan pemeliharaan jalan dengan cara menambal lubang-lubang yang terdapat sepanjang jalan

**Tingkat Diskonto (*Discount Rate*)**

Bilangan yang digunakan untuk menrubah atau mendiskon penerimaan yang akan didapat pada tahun mendatang menjadi nilai sekarang

# 1

## PENDAHULUAN

Jalan raya sebagaimana yang telah diketahui secara luas merupakan salah satu prasarana yang memegang peranan penting di dalam segala aspek kehidupan manusia dan telah menjadi hal yang utama di dalam proses interaksi antarmanusia. Kondisi jalan yang ada sekarang sebagian telah mengalami kerusakan dan memerlukan biaya penanganan yang cukup besar. Teknologi daur ulang merupakan salah satu alternatif pemecahan permasalahan jalan karena dipandang efektif dan efisien. Hal tersebut disebabkan karena dengan adanya teknologi daur ulang, dapat mengurangi keperluan penggunaan agregat (45 – 100%) dan juga dapat mengurangi penggunaan aspal baru (60%) (Widajat, D, 2006). Penggunaan teknologi daur ulang selain ekonomis, juga menunjang kebutuhan akan konservasi sumber daya alam. Keuntungan lain dari penerapan teknologi daur ulang adalah peningkatan kekuatan struktural perkerasan dan perbaikan kualitas lapis pondasi yang dapat dilakukan dengan cepat.

Dalam hal ini, kajian kelayakan ekonomi yang akan dilakukan adalah untuk pekerjaan daur ulang perkerasan lentur yang sudah pernah dilaksanakan, yaitu CTRB (*Cement Treated Recycling Base*), CMRFB (*Cement Mix Recycling Foam Bitumen*), dan HRMA (*Hot Recycling Mix Asphalt*). Dengan adanya kajian mengenai kelayakan ekonomi dalam pekerjaan preservasi jalan

berupa daur ulang ini, dimaksudkan agar dapat meminimalisasi terjadinya kerugian di kemudian hari dan dapat diketahui seberapa besar dampak yang dapat timbul pada proyek tersebut, serta langkah ekonomis yang dapat diambil untuk menanggulangi kerusakan perkerasan lentur jalan. Sehingga dalam pekerjaan pekerasan jalan, khususnya pekerasan lentur, diperoleh pemilihan teknologi, khususnya teknologi daur ulang perkerasan lentur jalan yang lebih ekonomis dalam segi pengerjaan, bahan, perawatan dan pemeliharaan perkerasan lentur jalan.

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh suatu kajian kelayakan ekonomi daur ulang perkerasan lentur jalan khususnya pada teknologi CTRB (*Cement Treated Recycling Base*), CMRFB (*Cement Mix Recycling Foam Bitumen*), dan HRMA (*Hot Recycling Mix Asphalt*).



# 2

## PERKERASAN LENTUR ( *FLEXIBLE PAVEMENT* )

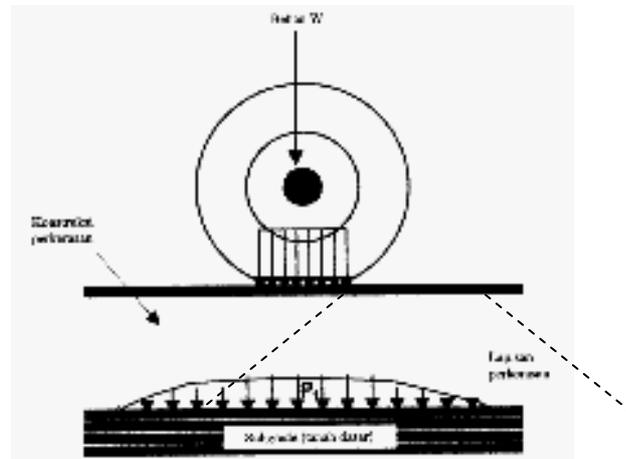
Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasan pada perkerasan lentur ini bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Menurut Sukirman, 1995, kriteria konstruksi perkerasan lentur haruslah memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu, yaitu konstruksi perkerasan lentur haruslah memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan, dan perkerasan lentur juga harus mampu memikul dan menyebarkan beban. Untuk itu, konstruksi perkerasan lentur haruslah mencakup beberapa hal, di antaranya adalah:

1. perencanaan tebal masing-masing lapisan perkerasan
2. analisis campuran bahan
3. pengawasan pelaksanaan pekerjaan

Di samping cakupan persyaratan di atas, tidak dapat dilupakan sistem pemeliharaan yang terencana dan tepat selama umur pelayanan, termasuk di dalamnya adalah sistem drainase jalan tersebut.

Menurut Sukirman, 1995, struktur perkerasan lentur umumnya terdiri atas 4 lapisan utama, yaitu lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan permukaan (*surface course*).



Sumber: [www.pusjatan.pu.go.id](http://www.pusjatan.pu.go.id)

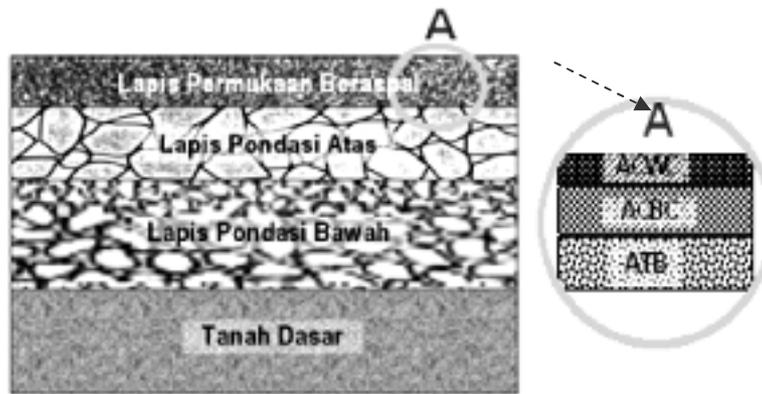
Gambar 2-1. Penyebaran Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan dapat dibedakan atas:

1. muatan kendaraan berupa gaya vertikal
2. gaya rem kendaraan berupa gaya horizontal
3. pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran

Lapisan pada konstruksi perkerasan lentur ini terdiri dari lapisan-lapisan yang dapat dikelompokkan menjadi, yaitu (Sukirman, 1995):

- Lapisan permukaan beraspal (*surface course*)
- Lapisan pondasi atas (*base course*)
- Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
- Tanah dasar (*subgrade*)



Sumber: [www.pusjatan.pu.go.id](http://www.pusjatan.pu.go.id)

Gambar 2-2. Susunan Lapis konstruksi perkerasan Lentur

Menurut Giovanni, 2000, pemilihan dan penggunaan lapisan beraspal yang tepat adalah menggunakan bahan (agregat dan aspal) yang sesuai dengan kondisi lingkungan di mana campuran beraspal itu akan dilaksanakan.

Kerusakan dini di antaranya diakibatkan karena kurang tepatnya dalam pemilihan dan pelaksanaan lapisan beraspal atau karena lemahnya bagian bawah konstruksi perkerasan, seperti lemahnya daya dukung tanah dasar dan kurang baiknya daya dukung lapisan pondasi, baik lapisan pondasi atas maupun lapisan pondasi bawah.

## 2.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan yang terletak paling atas ini disebut sebagai lapisan permukaan, yang mempunyai fungsi antara lain sebagai berikut:

1. Lapisan perkerasan menahan beban roda, dengan persyaratan harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.

3. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih rendah.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut di atas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas tinggi dan daya tahan yang lama. Jenis lapis permukaan yang umum digunakan di Indonesia antara lain adalah:

1. Lapisan yang bersifat non-struktural, yang berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air. Jenis lapisan ini digunakan terutama pada pemeliharaan jalan, sehingga menambah masa layan dan konstruksi perkerasan. Contoh lapisan yang termasuk lapisan non-struktural adalah:
  - Burtu (laburan aspal satu lapis), lapis penutup dengan lapisan aspal yang ditaburi satu lapis tipis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
  - Burda (laburan aspal dua lapis), lapis penutup dengan lapisan aspal yang ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.
  - Latasir (lapis tipis aspal pasir), lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus, dengan tebal padat 1-2 cm.
  - Buras (laburan aspal), lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal teburan pasir dengan ukuran butir maksimum  $3/8$  inchi.
  - Latasbum (lapis tipis asbuton murni), lapis penutup terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
  - Lataston (lapis tipis aspal beton), dikenal dengan *Hot Rolled Sheet* (HRS), lapis penutup terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi dan aspal keras dengan

perbandingan tertentu, dalam keadaan panas, dengan ketebalan padat antara 2,5 – 3,0 cm.

2. Lapisan yang bersifat struktural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda kendaraan. Contoh lapisan yang termasuk lapisan struktural adalah:
  - Penetrasi Macadam (Lapen), lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Tebal lapisan satu lapis antara 4 – 10 cm.
  - Lasbutag, lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak, yang dilaksanakan secara dingin. Tebal pada tiap lapisannya antara 3 – 5 cm.
  - Laston (Lapis aspal Beton), lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dan dipadatkan pada suhu tertentu.

## 2.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapisan ini menerima pembebanan yang berat akibat muatan. Material yang digunakan harus berkualitas sangat tinggi dan pelaksanaan konstruksi harus dilakukan dengan cermat. Secara umum *base course* berfungsi sebagai:

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.
2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat, umumnya menggunakan material dengan CBR > 50%, Plastisitas Index (PI) < 4%. Bahan-bahan seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat

digunakan sebagai *base course*. Jenis lapis pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia antara lain adalah:

1. Agregat bergradasi baik, dapat dibagi atas batu pecah kelas A, batu pecah kelas B, dan batu pecah kelas C. Batu pecah kelas A bergradasi lebih kasar dari batu pecah kelas B, dan batu pecah kelas B lebih kasar dari batu pecah kelas C.
2. Pondasi Macadam
3. Pondasi Telford
4. Penetrasi Macadam (Lapen)
5. Aspal Beton Pondasi (*Asphalt Concrete Base / Asphaltic Treated Base*)
6. Stabilisasi yang terdiri dari:
  - Stabilisasi agregat dengan semen (*Cement Treated Base*)
  - Stabilisasi agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*)
  - Stabilisasi agregat dengan aspal (*Asphalt Treated Base*)

### **2.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)**

Lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Lapis pondasi bawah ini berfungsi sebagai:

1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
2. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah.
3. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
4. Lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
5. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar.
6. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

Jenis lapisan pondasi bawah yang umumnya digunakan di Indonesia antara lain adalah:

1. Agregat bergradasi baik, dibedakan atas sirtu/pitrun yang terbagi dalam kelas A, kelas B, dan kelas C. Sirtu kelas A bergradasi lebih kasar dari sirtu kelas B, dan sirtu kelas B lebih kasar dari sirtu kelas C.
2. Stabilisasi yang terdiri dari:
  - Stabilisasi agregat dengan semen (*Cement Treated Subbase*)
  - Stabilisasi agregat dengan kapur (*Lime Treated Subbase*)
  - Stabilisasi tanah dengan semen (*Soil Cement Stabilization*)
  - Stabilisasi tanah dengan kapur (*Lime Cement Stabilization*)

## 2.4 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah setebal 50–100 cm dimana di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah, yang dapat berupa tanah asli yang dipadatkan (jika tanah aslinya baik), tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau dengan bahan lainnya. Pemasatan yang baik akan diperoleh jika dilakukan pada kondisi kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana (Sukirman, 1985). Ditinjau dari muka air tanah asli, lapisan tanah dasar (*subgrade*) dapat dibedakan atas:

1. Lapisan tanah dasar, tanah galian.
2. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan.
3. Lapisan tanah dasar, tanah asli.



# 3

## DAUR ULANG ( *RECYCLING* )

Teknologi daur ulang (*recycling*) material perkerasan *existing* untuk pekerjaan rehabilitasi, rekonstruksi dan pemeliharaan jalan telah dikembangkan sejak tahun 1915. Teknologi daur ulang menggunakan pendekatan sebagai berikut:

- Prosedur daur ulang yang digunakan
- Jenis bahan perkerasan yang akan didaur ulang dan jenis perkerasan yang dihasilkan
- Kekuatan struktural yang diperoleh dari daur ulang.

Menurut Djoko Widajat, 2007, teknologi daur ulang mempunyai kelebihan, di antaranya:

- Dapat mengurangi keperluan penggunaan agregat (45% - 100%) dan aspal baru (60%)
- Nilai ekonomis bahan garukan meningkat, menghemat energi, dan geometrik jalan dapat dipertahankan

Menurut TRB (*Transportation Research Board*, 1980) penggolongan teknologi daur ulang adalah sebagai berikut:

- Daur ulang lapisan permukaan (*surface recycling*), yaitu pelaksanaan daur ulang pada perkerasan dengan tebal kurang dari 25 mm. Pelaksanaan pada teknologi ini efektif digunakan untuk memperbaiki kerusakan perkerasan seperti pelepasan butir (*raveling*), alur (*rutting*), kegemukan (*flushing*) dan menggelombang (*corrugation*).
- Daur ulang di tempat untuk lapisan permukaan dan base (*in place surface and base recycling*). Pelaksanaan daur ulang di tempat dengan ketebalan lebih dari 25 mm, yang diikuti dengan pembentukan kembali dan pemadatan. Teknologi daur ulang ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan struktural lapisan perkerasan. Kelemahan dari teknologi ini adalah pelaksanaan pengendalian mutu tidak sebaik daur ulang di pusat instalasi (*in plant*). Salah satu teknologi ini yang sudah lama diteliti adalah CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) dan CMRFB (*Cold Mix Recycling Foam Bitumen*).
- Daur ulang pada pusat instalasi (*central-plant recycling*). Pelaksanaan daur ulang dimulai dengan penggarukan perkerasan dan pengangkutan perkerasan lama ke pusat instalasi. Pengolahan dilakukan di pusat instalasi dengan atau tanpa penambahan agregat baru dan *modifier*, selanjutnya diangkut kembali ke lapangan untuk dilakukan uji gelar, dibentuk dan dipadatkan. Salah satu teknologi yang sudah pernah dilakukan pengujian adalah CMRFB (*Cold Mix Recycling Foam Bitumen*), dan HMRA (*Hot Mix Recycling Asphalt*).

Pada Tabel 3-1. disampaikan kelebihan dan kekurangan tiga kelompok teknologi daur ulang tersebut.

**Tabel 3-1. Kelebihan dan Kekurangan Teknologi Daur Ulang**

Jenis Daur Ulang	Kelebihan	Kekurangan
<i>Surface</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengurangi retak refleksi</li> <li>- Kelekatan antara lapis lama dengan baru relatif baik</li> <li>- Memperbaiki kerusakan seperti pelepasan butir, penuaan aspal, alur, gelombang, dan kegemukan</li> <li>- Memperbaiki kekesatan permukaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peningkatan kekuatan struktural terbatas</li> <li>- Tidak efektif untuk perkerasan dengan pondasi yang tidak stabil</li> </ul>

Jenis Daur Ulang	Kelebihan	Kekurangan
<i>In-Place</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peningkatan kekuatan struktural</li> <li>- Mencegah retak refleksi</li> <li>- Memperbaiki semua jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi pada perkerasan</li> <li>- Mencegah retak refleksi</li> <li>- Memperbaiki kekesatan permukaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengendalian mutu kurang baik</li> <li>- Lalulintas terganggu</li> <li>- Perkerasan tidak dapat di <i>reject</i> di tempat</li> </ul>
<i>In-Plant</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peningkatan kekuatan struktural</li> <li>- Pengendalian mutu baik</li> <li>- Memperbaiki semua jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi pada perkerasan</li> <li>- Memperbaiki kekesatan permukaan</li> <li>- Memperbaiki geometri dan kerataan jalan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lalulintas terganggu</li> <li>- Gangguan meningkat</li> </ul>

Sumber: *Guidelines For Recycling Pavement Materials, TRB 1980*

Berdasarkan cara pencampurannya, teknologi daur ulang dibagi menjadi 2 (dua), yaitu:

- a. Daur ulang campuran dingin (*cold recycling*) misal: CTRB (*Cement Treated Recycling Base*), CTRSB (*Cement Treated Recycling Sub Base*), campuran dengan pengikat aspal emulsi, campuran dengan pengikat aspal cair, *Foam Bitumen*.
- b. Daur ulang campuran panas (*hot recycling*) misal: daur ulang bahan garukan yang dipanaskan kembali di AMP (*in plant*), permukaan (*in place*).

Ringkasan mengenai jenis teknologi daur ulang berdasarkan cara pencampurannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3-2. Daur Ulang Berdasarkan Cara Pencampurannya

Cara pencampuran	Contoh jenis daur ulang	Deskripsi	Kauntungan	Kerugian	Teknik pencampuran /penghamparan
Dingin	Cement treated Recycling base (CTRBS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Semen ditambahkan pada bahan galian</li> <li>Sebagai lapis pondasi</li> </ul>	Meningkatkan kekuatan material	Dapat terjadi retak	in place atau in plant
	Daur ulang dengan aspal emulsi	Aspal emulsi digunakan sebagai bahan pengikat bahan galian	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak tergantung temperatur</li> <li>Digunakan sebagai tambahan, overlay</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kekuatan tidak sekuat campuran panas</li> <li>Lalu lintas ringan-sedang</li> </ul>	in plant atau in place
	Daur ulang dengan aspal foamed bitumen	Foamed bitumen digunakan sebagai bahan pengikat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maksimal dapat disimpan (distok)</li> <li>Dapat digunakan sebagai overlay</li> <li>Dapat segera dibuat untuk lalu-lintas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kekuatan tidak sekuat campuran panas</li> <li>Untuk beberapa jenis aspal perlu additive</li> <li>Perlu unit alat khusus untuk membuat foamed bitumen</li> </ul>	in place atau in plant
Panas	Daur ulang dengan aspal penempaan	Aspal dan peremaja dicampur dengan agregat baru dan RAP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kekuatan mendakati campuran panas agregat baru</li> <li>Digunakan sebagai overlay (lapis antara)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemanasan diperoleh dari transfer panas material baru</li> <li>Perlu ada modifikasi alat AMP</li> </ul>	in plant

Sumber: [www.pusjatan.pu.go.id](http://www.pusjatan.pu.go.id)

### 3.1 CTRB (*Cement Treated Recycling Base*)

Teknologi CTRB dan CTRSB adalah teknologi daur ulang dengan cara menstabilisasi lapis pondasi dan lapis pondasi bawah dengan menggunakan semen. Teknologi ini dilaksanakan pada jalan aspal/agregat/kerikil yang perlu distabilisasi atau ditingkatkan daya dukungnya dengan menambahkan bahan tambah semen. Penambahan semen akan meningkatkan kekuatan struktural dari CTRB, maka kekuatan CTRB akan bertambah sesuai dengan umurnya.

Tabel 3-3. Kuat Tekan CTRB dan CTRSB

Peruntukan	Kuat Tekan, pada umur 7 hari (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	UCS (diameter 70 mm x tinggi 140 mm)	Kuat Tekan Beton Silinder (diameter 150 mm x tinggi 300 mm)
CTRB	Min. 30	Min. 35
CTRSB	Min. 20	Min. 25

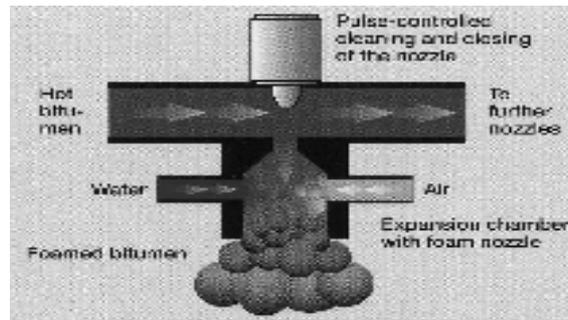
Sumber: Spesifikasi Khusus

Menurut Wirtgen, 2004, koefisien kekuatan relatif untuk CTRB dengan nilai UCS 1 MPa sampai 3 MPa adalah 0,17 (*per inchi*) dan untuk CTRBS dengan nilai UCS < 1 MPa adalah 0,12 (*per inchi*).

### 3.2 CMRFB (*Cold Mix Recycling Foam Bitumen*)

Daur ulang Campuran Beraspal Dingin dengan *Foam Bitumen* (CMRFB-Base) adalah campuran antara *Reclaimed Asphalt Pevements* (RAP) (70% - 100%), *Foam Bitumen* (2% - 3%), agregat baru (bila diperlukan) yang harus memenuhi persyaratan dan *filler* (semen atau *hydrate lime*) (1% - 2%), yang dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan dingin.

*Foam Bitumen* (busa aspal) terjadi ketika sejumlah air dingin yang didispersikan pada aspal panas dengan suatu tekanan udara yang menimbulkan bertambahnya luas permukaan dan menurunnya viskositas aspal (Csanyi. L, 1956). Busa aspal selanjutnya digunakan sebagai bahan pengikat bahan daur ulang. Proporsi campuran adalah air dingin sekitar 2% dari berat aspal dan temperatur aspal panas adalah sekitar 160 °C. Aspal ini berbentuk *foam* atau busa hanya dalam waktu yang singkat, sehingga harus segera dicampurkan dengan agregat yang akan dipergunakan. Skema terbentuknya *foam bitumen* dapat dilihat pada gambar berikut.

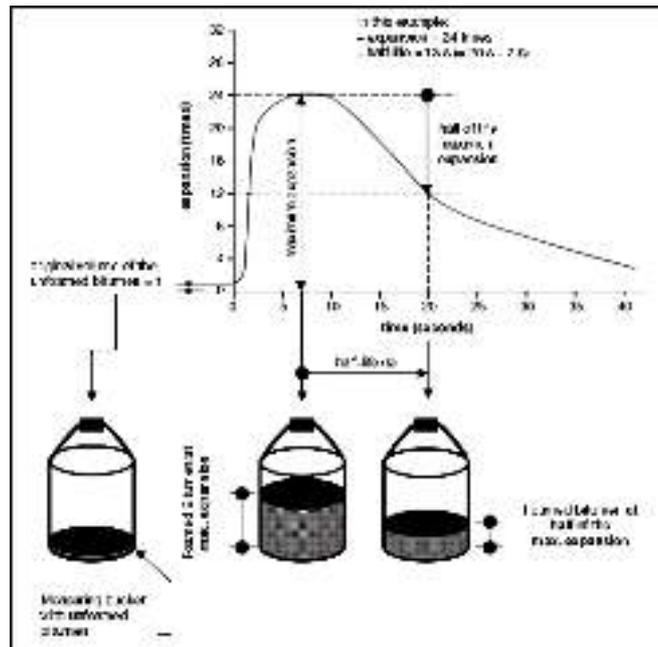


Sumber: Wirtgen, 2004

Gambar 3-1. Skema Terbentuknya *Foam Bitumen*

*Foam Bitumen* dibuat dari aspal keras pen 60/70 atau aspal keras pen 80/90 dengan proporsi air tertentu. Rasio pengembangan busa (*foam*) (*expansion ratio*) minimum 10 kali dan umur paruh (*half life*) minimum 8 detik. Makin tinggi rasio pengembangan maupun umur paruh, maka kualitas *foam bitumen* semakin baik. Nilai rasio pengembangan dapat dilihat pada gambar berikut ini.

*Foam bitumen* mempunyai keuntungan dibandingkan dengan aspal keras karena dapat dilakukan pencampuran dalam keadaan dingin, tanpa pemanasan terlebih dahulu. Kekuatan campuran ini ditentukan berdasarkan atas penyelimutan *foam bitumen* terhadap material-material halus pembentuk mastik aspal.



Sumber: Wirtgen, 2004

Gambar 3-2. Ilustrasi Nilai *Expansion* dan *Half-life*

Menurut Wirtgen, 2004, material yang kekurangan agregat halus (*fine aggregate*), tidak akan bercampur baik dengan *foam bitumen*, sehingga *foam bitumen* tidak akan terdispersi dengan baik. Material yang kekurangan agregat halus ini dapat ditingkatkan dengan penambahan semen, kapur (*lime*) atau material lain yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Namun penambahan semen dibatasi maksimum 1,5% dari berat total campuran untuk mencegah efek negatif pada fleksibilitas dari lapisan. Persyaratan CMRFB dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3-4. Persyaratan ITS (*Filler Semen*)

Sifat-Sifat Campuran	Persyaratan	
	Diameter Benda Uji 10	Diameter Benda Uji 15
Pemadatan	2 x 75	MP
<i>Indirect Tensile Strength</i> , ITS; kPa	300	300
<i>Tensile Strength Retained</i> , TSR; %	80	80
<i>Unconfined Compressive Strength</i> , UCS, kPa	700	700

Sumber: Spesifikasi Khusus

Untuk campuran dengan menggunakan *filler* berupa kapur, diperkirakan kekuatan yang akan dicapai lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* berupa semen. Namun pemakaian *filler* berupa kapur mempunyai keuntungan, yaitu dapat disimpan lebih lama (*setting time* lebih lama) (Nyoman Suaryana, 2008).

**Tabel 3-5. Persyaratan ITS (*Filler Hidrate Lime*)**

Sifat-Sifat Campuran	Persyaratan	
	Diameter Benda Uji 10	Diameter Benda uji 15
Pemadatan	2 x 75	MP
<i>Indirect Tensile Strength</i> , ITS; kPa	200	200
<i>Tensile Strength Retained</i> , TSR; %	70	70
<i>Unconfined Compressive Strength</i> , UCS, kPa	600	600

Sumber: Spesifikasi Khusus

Catatan : TSR = ITS *dry*

Pelaksanaan CMRFB ini dapat dibedakan menjadi *in plant* dan *in place*. Pada pelaksanaan *in plant*, perkerasan digaruk dengan alat penggaruk (*cold milling*) dan hasil garukannya yang berupa RAP (*Reclaimed Asphalt Pavements*) diangkut dengan *dump truck* menuju ke plant (alat *foam bitumen*), yang selanjutnya akan diolah dan dijadikan CMRFB. Kemudian diangkut kembali dengan *dump truck* ke lapangan untuk dilakukan pekerjaan penghamparan dan pemadatan. Sedangkan pada pelaksanaan *in place*, perkerasan digaruk, diolah menjadi CMRFB dan dihamparkan dengan menggunakan satu alat.

### 3.3 HMRA (*Hot Mix Recycling Asphalt*)

HMRA (*Hot Mix Recycling Asphalt*) atau daur ulang campuran beraspal panas adalah campuran antara RAP (*Reclaimed Asphalt Pavements*) dengan agregat yang dicampur pada Unit Pencampur Aspal (UPA). Setelah itu dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu.

Menurut *Asphalt Institute* MS-20, jika jumlah penggunaan RAP lebih besar dari 20% maka campuran beraspal dapat menggunakan aspal keras biasa yaitu aspal dengan penetrasi 60/70.

Menurut Spesifikasi Superpave, pemakaian HMRA tidak disarankan untuk lapis permukaan pada kategori lalu lintas > 30.000.000 ESAL.

Persyaratan campuran beraspal dengan menggunakan bahan RAP lebih kecil dari 20 %, mengikuti ketentuan campuran beraspal konvensional.

Pemanasan agregat yang diperlukan untuk mencapai suhu atau temperatur pencampuran yang diinginkan dapat dilihat pada tabel berikut. Untuk menurunkan suhu pencampuran dapat digunakan bahan aspal dengan penetrasi yang lebih tinggi. Sedangkan jika untuk meremajakan aspal pada RAP, dapat digunakan *recycling agent*.

Ketika proses pemanasan campuran, RAP mungkin menghasilkan gas hidrokarbon, sehingga untuk meminimalisasi gas tersebut, umumnya RAP dipanaskan secara tidak langsung ([www.pavementinteractive.org](http://www.pavementinteractive.org))

HMRA hanya berlaku untuk situasi khusus. Pertama, rongga udara yang terisi oleh lapisan aspal harus cukup tinggi untuk menerima sejumlah lapisan aspal yang diperlukan untuk proses peremajaan. Kedua, HMRA hanya bisa cukup untuk mengatasi masalah tekanan permukaan yang dangkal (kurang dari 50 mm (2")). Ketiga, perkerasan dengan delaminasi (lapisan berikutnya tidak mengikat bersama-sama) yang di atas 50 mm (2 inci) tidak harus dipertimbangkan untuk proyek HMRA. Akhirnya, perkerasan yang telah berjejak roda, ditambal, atau *chip-sealed* bukan calon yang baik untuk proyek-proyek HMRA (FHWA, 2001c). ([www.pavementinteractive.org](http://www.pavementinteractive.org))



# 4

## ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI

Pengertian kajian kelayakan ekonomi secara umum adalah suatu usaha yang dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan suatu pekerjaan. Kelayakan secara ekonomi mengenal adanya tiga konsep pengertian yang sering dipakai, yaitu efisiensi ekonomis, profitabilitas, dan efektifitas. Efisiensi ekonomis adalah tingkat pencapaian tujuan dengan sumber daya (dana) yang ada. Profitabilitas adalah tingkat keuntungan yang akan diperoleh setelah dikurangi biaya. Sedangkan efektifitas adalah tingkat pencapaian tujuan dengan biaya yang minimal. Dalam hal ini, kedalaman suatu studi kelayakan tergantung pada besarnya dana yang diinvestasikan, tingkat kepastian atau ketidakpastian hasil pekerjaan, kerumitan (kompleksitas) unsur-unsur yang mempengaruhi pekerjaan, dan tingginya tingkat risiko atau dampak yang timbul dari suatu pekerjaan. Untuk menilai apakah suatu pekerjaan yang direncanakan layak atau tidak untuk dilaksanakan dapat dilakukan dengan berbagai cara, di antaranya melalui analisis manfaat finansial. Ada beberapa kriteria atau metode analisis yang biasa digunakan untuk menentukan kelayakan usaha melalui analisis manfaat finansial, yaitu dengan cara menghitung *net present value* (NPV), *internal rate of return* (IRR), dan *net benefit cost ratio* (Net B/C). Metode

analisis tersebut nantinya akan mendukung dalam perhitungan analisis *life-cycle cost* (biaya siklus hidup).

Dalam metode analisis ekonomi, dapat ditinjau dalam 4 macam analisis, di antaranya adalah:

**1. Cost Benefit Analysis**

Analisis yang digunakan untuk membandingkan total *incremental benefits* terhadap total *incremental costs*, dimana penilaian kelayakan ini biasanya menggunakan kriteria *net present value* (NPV), *benefit-cost ratio* (BCR), *internal rate of return* (IRR), *payback period*, dan penilaian-penilaian lainnya.

**2. Cost Effectiveness Analysis**

Analisis yang digunakan untuk membandingkan biaya dari berbagai alternatif usulan program yang berbeda dalam pencapaian suatu tujuan tertentu, dimana dalam pendekatan ini manfaat program yang menjadi alternatif ini dianggap sama.

**3. Lifecycle Cost Analysis**

Analisis *lifecycle cost* ini adalah analisis yang menggunakan metode analisis dari *Cost Benefit Analysis*, yang digabungkan dengan *time value of money*.

**4. Multiple Accounts Evaluation**

Pendekatan multikriteria dari program pekerjaan yang menggabungkan antara kriteria kuantitatif dan kualitatif.

Tujuan studi kelayakan ini adalah untuk mengetahui sejauh mana tingkat keuntungan atau manfaat (*benefit*) yang dapat dicapai dari suatu investasi yang dilakukan dalam suatu proyek. Hal ini dilakukan agar keterbatasan (*constraint*) sumber-sumber daya (asumsi yang digunakan), tidak menyebabkan terjadinya pemborosan dalam penggunaan sumber-sumber daya.

Analisis kelayakan ekonomi dapat dibedakan berdasarkan kategori pihak yang berkepentingan langsung, adalah sebagai berikut:

1. analisis ekonomi, yang berkepentingan adalah pihak pemerintah atau masyarakat secara keseluruhan.
2. analisis finansial, yang berkepentingan adalah pihak swasta.

Perbandingan analisis ekonomi dan analisis finansial dapat dilihat pada Tabel 4-1.

**Tabel 4-1. Perbandingan Analisis Finansial dan Analisis Ekonomi**

No.	Terminologi	Analisis Finansial	Analisis Ekonomi
1	Pihak yang berkepentingan langsung	Swasta	Pemerintah (Masyarakat)
2	Keuntungan	<i>Profit</i> (laba)	<i>Benefit</i> (manfaat)
3	Harga	Finansial ( <i>market price</i> )	<i>Shadow / accounting price</i>
4	Pajak	Diperhitungkan dalam biaya proyek	Tidak diperhitungkan dalam biaya proyek
5	Subsidi	Tidak diperhitungkan dalam biaya proyek	Diperhitungkan dalam biaya proyek
6	Biaya Investasi, Pinjaman dan Pelunasan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dianggap sebagai biaya investasi adalah yang didanai sendiri</li> <li>- Pinjaman diperhitungkan sebagai penerimaan proyek</li> <li>- Pelunasan pinjaman (dan bunganya) diperhitungkan sebagai biaya proyek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seluruh biaya proyek dianggap sebagai biaya investasi, baik dari modal sendiri maupun pinjaman</li> <li>- Pelunasan pinjaman (dan bunganya) tidak dianggap sebagai biaya proyek</li> <li>- Pengecualian berlaku untuk pinjaman luar negeri yang hanya diperuntukkan bagi proyek itu sendiri (kalau proyek batal, dana tidak dipergunakan untuk pekerjaan lainnya), ketentuan perhitungan sama dengan analisis finansial</li> <li>- Dalam pinjaman luar negeri, karena pembiayaan proyek dalam rupiah, maka kalau <i>economic cost</i> lebih rendah dari <i>financial price</i>, perlu ada perhitungan tambahan <i>economic benefit</i></li> </ul>
7	Pembayaran Bunga Pinjaman	Pembayaran bunga atas pinjaman diperhitungkan sebagai biaya proyek	Secara umum pembayaran bunga tidak diperhitungkan sebagai biaya proyek, kecuali untuk pinjaman luar negeri yang diperuntukkan khusus bagi proyek
8	Bunga	<i>Commercial (loan) interest rate</i>	<i>Social Interest Rate</i>

Tabel 4-2. Penggunaan Biaya-Biaya Analisis Finansial dan Analisis Ekonomi

		<i>ECONOMIC ANALYSIS</i>	<i>FINANCIAL ANALYSIS</i>	
	HARGA BAYANGAN			<i>Crew Time Cost</i> <i>Maintenance Labor Cost</i> <i>Passenger Time Cost</i>
	HARGA PASAR			<i>Fuel Cost</i> <i>Lubricant Cost</i> <i>Tire Cost</i> <i>New Vehicle Price</i>
<b>PAJAK</b>	Ditambahkan Pada Harga			<i>Fuel Cost</i> <i>Lubricant Cost</i> <i>Tire Cost</i> <i>New Vehicle Price</i>
	Dikurangkan Pada Harga			<i>Fuel Cost</i> <i>Lubricant Cost</i> <i>Tire Cost</i> <i>New Vehicle Price</i>
<b>SUBSIDI</b>	Ditambahkan Pada Harga			<i>Fuel Cost</i>
	Dikurangkan Pada Harga			<i>Fuel Cost</i>

## 4.1 Biaya-Biaya

### 4.1.1 Biaya Agen (pihak)/Pelaksana

Biaya agen atau pelaksana adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh lembaga yang memiliki kehidupan dalam suatu proyek. Biaya agen yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. **Pekerjaan teknik pertama (awal).** *Biaya yang terkait dengan materi pendahuluan seperti studi kelayakan desain alternatif, surat izin, teknik desain dan konsultasi untuk setiap alternatif.* Misal satu alternatif mungkin melibatkan mitigasi atau pengurangan lahan basah secara lebih signifikan yang dapat tercermin dalam surat ijin tambahan dan biaya-biaya teknik.
2. **Administratif kontrak.** Biaya yang berhubungan dengan tata laksana atau administrasi dalam kontrak.
3. **Pekerjaan konstruksi awal.** Biaya konstruksi berhubungan dengan setiap alternatif. Contohnya, setiap alternatif bagian jalan yang berbeda dan jumlah material atau bahan harus dijelaskan dalam analisis. Biaya khusus pada setiap alternatif harus disertakan dalam analisis.

4. **Biaya pengawasan pekerjaan konstruksi.** Biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi, biaya konsultan manajemen pekerjaan konstruksi, biaya material atau bahan pengujian, atau biaya-biaya lainnya yang berhubungan dengan pengawasan pekerjaan konstruksi.
5. **Biaya pemeliharaan.** Biaya yang berhubungan dengan pemeliharaan lapisan perkerasan pada level yang masih dapat diterima. Data biaya pemeliharaan reaktif yang rutin biasanya sulit untuk ditentukan atau didapatkan. Akan tetapi, biaya ini pada umumnya kecil dan tidak bervariasi untuk alternatif-alternatif yang digunakan. Data pemeliharaan tersebut memiliki pengaruh atau efek yang dapat diabaikan atau dihilangkan dalam perhitungan NPV (*Net Present Value*) dan umunya data ini dapat diabaikan. Jika biaya pemeliharaan atau perawatan yang tersedia untuk beberapa alternatif itu dipertimbangkan, maka data biaya pemeliharaan tersebut harus dimasukkan dalam perhitungan *life-cycle cost*.
6. **Biaya rehabilitasi.** Biaya yang berhubungan dengan setiap alternatif rehabilitasi (biasanya pada biaya *resurfacing* atau perbaikan lapis permukaan). Biaya tersebut dihitung dengan cara yang sesuai dengan biaya konstruksi awal.
7. **Biaya administrasi.** Biaya administrasi atau biaya pengeluaran tambahan yang lainnya yang khusus untuk setiap alternatif-alternatif.
8. **Nilai barang atau hasil.** Nilai pada suatu alternatif investasi pada akhir periode analisis. Biasanya termasuk biaya atau keuntungan dari lembaga, dan dapat dibagi dalam 2 komponen utama, yaitu:
  - a. **Nilai sisa.** Nilai bersih (*net value*) daur ulang perkerasan. Perbedaan nilai sisa antara kebijakan desain perkerasan umumnya tidak besar, dan jika terdapat pengurangan penawaran selama jangka waktu yang lama (misalnya, 35 tahun), cenderung memiliki pengaruh yang kecil terhadap hasil perhitungan LCCA.
  - b. **Umur pelayanan.** Umur alternatif perkerasan yang tersisa pada akhir periode analisis. Perkiraan umur pelayanan yang membedakan dalam umur perkerasan yang tersisa antara berbagai alternatif.

Sebagai contoh, alternatif A mencapai umur pelayanan akhir pada tahun ke-30, sedangkan alternatif B memerlukan rehabilitasi di tahun 25 yang akan memperpanjang umur alternative B selama 10 tahun ke depan. Jika selama 30 tahun periode analisis digunakan maka alternatif A tidak memiliki umur pelayanan yang tersisa pada akhir periode analisis, sementara alternatif B memiliki 5 tahun umur pelayanan yang tersisa. Umur pelayanan tambahan ini harus diperhitungkan dalam LCCA dan berdasarkan kategori atau spesifikasi "biaya lembaga". Dalam contoh ini, alternatif B akan dikreditkan dengan nilai moneter nilai yang setara dengan 5 tahun umur pelayanan. Sering kali, cara ini dilakukan dengan menghitung 5 tahun ini sebagai persentase dari sisa umur yang direncanakan (5 tahun yang tersisa pada umur rencana rehabilitasi tahun ke-10 akan memberikan 50%) dan kemudian dikalikan dengan biaya rehabilitasi alternatif B pada tahun 25.

9. **Biaya lain2 (yang tak tergantikan)** adalah jenis biaya yang khusus. Biaya-biaya lain-lain adalah biaya yang tidak dapat dibatalkan dan seharusnya tidak berpengaruh dalam pengambilan keputusan pemilihan alternatif.

#### 4.1.2 Biaya Pengguna

Biaya pengguna adalah biaya yang ditambahkan dari fasilitas pengguna jalan selama pekerjaan konstruksi, perawatan dan atau rehabilitasi dan penggunaan setiap harinya dari bagian jalan. Biaya pengguna harus dimasukkan dalam LCCA karena biasanya biaya pengguna cenderung menjadi lebih besar daripada biaya lembaga (agen) dan dapat selalu menjadi pendorong pengendali utama pada *life cycle cost*. Biaya pengguna dapat dibagi dalam 2 kategori dasar, yaitu:

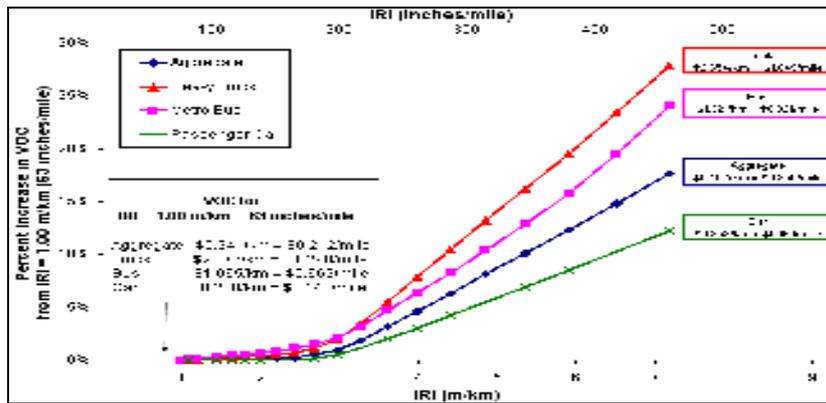
1. **Pengoperasian normal (*normal operation*)**. Biaya pengguna jalan berhubungan dengan penggunaan fasilitas jalan selama pekerjaan konstruksi, perawatan dan atau pekerjaan rehabilitasi yang belum

dilaksanakan atau *free condition*, yang membatasi kapasitas fasilitas atau ruang gerak jalan. Biaya ini biasanya atau umumnya ditimbulkan oleh kekasaran perkerasan jalan.

2. **Zona kerja (*work zone*)**. Biaya pengguna jalan yang berhubungan dengan penggunaan fasilitas jalan selama pekerjaan konstruksi, perawatan dan atau pekerjaan rehabilitasi yang membatasi kapasitas fasilitas atau ruang gerak dan mengganggu kelancaran arus lalu lintas normal. Biaya ini dipengaruhi oleh level, durasi dan karakter dari pembatasan kapasitas fasilitas jalan (misal: jumlah lajur yang ditutup, panjang penutupan jalan, lalu lintas jalan selama penutupan jalan, banyaknya berhenti dan mulai jalan, dan lain sebagainya).

Sering kali biaya pengguna operasional normal diasumsikan sama untuk semua alternatif yang digunakan atau dipakai dan hanya biaya pengguna jenis *work zone* yang dianalisis. Umumnya, biaya pengguna adalah kesatuan atau kumpulan dari 3 komponen biaya yang terpisah, yaitu:

1. **Vehicle Operating Cost (VOC) atau Biaya Operasional Kendaraan**. Termasuk semua biaya yang berhubungan dengan operasional kendaraan, seperti bensin, oli, penggantian atau perbaikan bagian kendaraan, perawatan dan pemeliharaan. Biaya operasional kendaraan akan bervariasi tergantung pada kondisi jalan.
2. **Biaya penundaan atau keterlambatan pengguna jalan**. Biaya yang berhubungan dengan waktu pengguna jalan di jalan. Biaya keterlambatan pengguna ini membantu pengukuran. Biaya ini berhubungan dengan melambatnya kendaraan yang disebabkan oleh pekerjaan atau aktifitas konstruksi dan pemeliharaan dan penundaan pemakaian jalan (*denial-of-use*). Biaya penundaan pengguna jalan adalah biaya *life-cycle* yang paling sulit dan paling kontroversial (berlawanan) dengan perhitungan yang akurat karena biaya ini melibatkan penetapan nilai uang kepada waktu tundaan tunggal.
3. **Biaya crash (tumbukan/benturan)**. Biaya yang berhubungan dengan kecelakaan lalulintas. Umumnya biaya kecelakaan dikategorikan dalam kategori luka fatal dan tidak fatal, dan hanya kerusakan hak milik.



Sumber: www.pavementinteractive.org

Gambar 4-1. Hubungan Antara VOC dan kekasaran bentang jalan di Washington State

## 4.2 Perhitungan Perbandingan Alternatif

Sekali periode pekerjaan, waktu kegiatan atau aktivitas, dan biaya yang berhubungan dengan setiap alternatif telah ditetapkan atau ditentukan, komponen tersebut harus dibandingkan pada periode analisis yang telah ditentukan atau ditetapkan. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan satu dari dua cara, yaitu *Net Present Value* (NPV) atau *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC).

### 4.2.1 NPV (*Net Present Value*)

NPV ditentukan dengan mengubah (*discounting*) semua biaya proyek ke biaya awal, atau sekarang, tahun (biasanya tahun sekarang, tahun dari pekerjaan konstruksi atau tahun mulai pekerjaan). Dengan demikian, keseluruhan proyek dapat dinyatakan atau ditunjukkan sebagai tahun pertama awal mulainya pekerjaan atau tahun sekarang, biayanya. Alternatif-alternatif selanjutnya dibandingkan dengan membandingkan biaya-biaya pada awal tahun mulai pekerjaan ini. Metode ini berusaha membandingkan komponen biaya dan manfaat dari suatu proyek dengan

acuan yang sama agar dapat diperbandingkan satu dengan yang lainnya (LPKM-ITB, 1997).

NPV didefinisikan sebagai nilai dari proyek yang bersangkutan yang diperoleh berdasarkan selisih antara *cash flow* yang dihasilkan terhadap investasi yang dikeluarkan. NPV yang dianggap layak adalah NPV yang bernilai positif. NPV bernilai positif mengindikasikan *cash flow* yang dihasilkan melebihi jumlah yang diinvestasikan.

NPV adalah perhitungan ekonomi yang umum digunakan dan biasanya digunakan untuk perhitungan perencanaan jalan, dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$NPV = \text{Initial cost} - \sum_{t=1}^n \frac{\text{Cash flow}_t}{(1+i)^t}$$

where:  
 $i$  = discount rate  
 $t$  = year of operation  
 $\frac{1}{(1+i)^t}$  = present value (PV) factor

Atau dapat menggunakan rumus perhitungan NPV sebagai berikut:

$$NPV = \sum \frac{(B_t - C_t)}{(1+i)^t} - K_0$$

Dengan:  $B_t$  = benefit th ke- $t$

$C_t$  = cost th ke- $t$

$i$  = interest rate yang ditentukan

$t$  = tahun

$K_0$  = investasi awal tahun ke-0 (sebelum proyek dimulai)

**Kriteria NPV analysis:  $NPV > 0$  Feasible**

**$NPV = 0$  Indifferent**

**$NPV < 0$  Unfeasible**

## 4.2.2 EUAC (*Equivalent Uniform Annual Costs*)

EUAC ditentukan atau dihitung dengan mengubah atau mengkonversi semua biaya proyek ke biaya tahunan terulang yang seragam atau sama selama periode analisis. Sedangkan NPV mengubah semua biaya ke biaya awal tahun pertama mulainya pekerjaan dan lalu membandingkannya antara biaya-biaya tersebut, namun EUAC mengubah semua biaya pekerjaan atau proyek ke biaya tahunan yang terulang dan lalu membandingkannya antara biaya-biaya tersebut. EUAC adalah indikator tepat atau berguna ketika budget atau dana dikeluarkan pada awal atau pangkal tahun. Khususnya, EUAC ditentukan atau dihitung dengan cara menentukan NPV pada awal perhitungan dan lalu menggunakan rumus berikut untuk mengonversi NPV ke EUAC:

$$EUAC = NPV \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

where:  
 $i$  = discount rate  
 $n$  = analysis period (i.e. the number of years into the future over which you wish to compare the project)

Selain dari metode analisis yang dijabarkan di atas, ada metode analisis lain yang umum digunakan dalam menganalisis mengenai kelayakan ekonomi, di antaranya adalah:

## 4.2.3 IRR (*Internal Rate of Return*)

IRR (Tingkat Pengembalian Internal) didefinisikan sebagai tingkat pengembalian investasi yang dihasilkan suatu proyek yang diukur dengan membandingkan *cash flow* yang dihasilkan proyek dengan investasi yang dikeluarkan untuk proyek tersebut. IRR atau *Internal Rate of Return* merupakan nilai *discount rate*  $i$  yang membuat NPV dari proyek sama dengan nol (NPV=0). IRR ini dapat juga dianggap sebagai tingkat keuntungan atas investasi bersih dalam suatu proyek, asal setiap *benefit* bersih yang diwujudkan secara otomatis ditanamkan kembali dalam tahun

berikutnya dan mendapatkan tingkat keuntungan  $i$  yang sama yang diberi bunga selama sisa umur proyek.

IRR memiliki kelemahan dimana IRR umumnya digunakan untuk pengambilan keputusan untuk single project bukan *mutually exclusive project* (proyek yang saling menghilangkan). Untuk *mutually exclusive project*, kriteria NPV lebih dominan digunakan di mana proyek dengan NPV lebih besar akan dipilih walaupun memiliki IRR yang lebih kecil.

Metode IRR ini digunakan untuk mencari tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang dari arus kas yang diharapkan di masa datang, atau penerimaan kas, dengan mengeluarkan investasi awal. Caranya, dengan menghitung nilai sekarang dari arus kas suatu investasi dengan menggunakan suku bunga yang wajar, misalnya 10%. Kemudian di bandingkan dengan biaya investasi, jika nilai investasi lebih kecil, maka dicoba lagi dengan penghitungan suku bunga yang lebih tinggi demikian seterusnya sampai biaya investasi menjadi sama besar. Apabila dengan suku bunga wajar tadi nilai investasi lebih besar, maka harus dicoba lagi dengan suku bunga yang lebih rendah sampai mendapatkan nilai investasi yang sama besar dengan nilai sekarang.

Perhitungan nilai IRR (*Internal Rate of Return*) dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$IRR = i_1 - \frac{NPV_1 \cdot (i_2 - i_1)}{(NPV_2 - NPV_1)}$$

$i_1$  = suku bunga bank paling atraktif

$i_2$  = suku bunga coba-coba (> dari  $i_1$ )

$NPV_1$  = NPV awal pada  $i_1$

$NPV_2$  = NPV pada  $i_2$

Jadi ketika  $IRR = i$ ,  $NPV = 0$ ; B/C ratio (Net) = 1; Gross B/C = 1; PR = 1 maka proyek masih berlanjut, karena:

1. Masih ada *benefit* yang diterima untuk menutupi tepat investasi dan biaya rutinnya.
2. Jika *i* yang digunakan terlalu tinggi menyebabkan semakin turunnya nilai NPv sehingga, walaupun nilai NPv limit 0 namun masih bisa dikatakan bahwa proyek tersebut masih menguntungkan.

#### 4.2.4 Tingkat Diskonto (*Discount Rate*)

Bilangan yang dipergunakan untuk men-*discount* penerimaan yang akan didapat pada tahun mendatang menjadi nilai sekarang. *Discount rate* dapat dilihat dari tabel *discount rate* yang telah ditentukan oleh tingkat suku bunga (*i*) dan tahun (*t*). Perhitungan nilai *discount rate* dalam analisis menggunakan rumus sebagai berikut:

$$d = 1 / (1 + i)^t$$

Dengan: *d* = discount rate  
*i* = interest rate  
*t* = tahun

#### 4.2.5 B/C Ratio (*Benefit Cost Ratio*)

Analisis manfaat-biaya merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui besaran keuntungan/kerugian serta kelayakan suatu proyek. Dalam perhitungannya, analisis ini memperhitungkan biaya serta manfaat yang akan diperoleh dari pelaksanaan suatu program.

*Net benefit-cost ratio* atau perbandingan manfaat dan biaya bersih suatu proyek adalah perbandingan sedemikian rupa sehingga pembilangnya terdiri atas *present value* total dari *benefit* bersih dalam tahun di mana *benefit* bersih itu bersifat positif, sedangkan penyebut terdiri atas *present value* total dari *benefit* bersih dalam tahun di mana *benefit* itu bersifat

negatif. Perhitungan BCR (*Benefit Cost Ratio*) dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$B / C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t + K_t}{(1+i)^t}}$$

Keterangan:

$K_t$ : Kapital yang digunakan pada awal periode

$B_t$ : Penerimaan sampai tahun ke  $t$

$C_t$ : Pengeluaran sampai tahun ke  $t$

Sumber: [www.econlib.com](http://www.econlib.com)

Relatif berbeda dengan penerapan BCR di bidang investasi, penerapan BCR dalam proses pemilihan suatu proyek terkait upaya pengembangan ekonomi daerah relatif lebih sulit. Hal ini, dikarenakan aplikasi BCR dalam sektor publik harus mempertimbangkan beberapa aspek terkait *social benefit (social welfare function)* dan lingkungan serta tak kalah penting adalah faktor efisiensi.

Secara umum, BCR dapat membantu penggunaannya untuk:

1. membantu dalam proses pengambilan keputusan,
2. menambah alternatif atau pilihan, dan
3. mengurangi biaya alternatif yang tidak efektif.

catatan: Hasil perhitungan analisis NPV atau EUAC, IRR dan *discount rate* tersebut, nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai B/C Ratio (*Benefit Cost Ratio*).

## 4.3 Analisis

### 4.3.1 Analisis Sensitifitas (Kepekaan)

Analisis sensitifitas meliputi cara pandang pada bagaimana variasi-variasi yang digunakan sebagai parameter kunci ini mempengaruhi dalam perhitungan NPV. Untuk setiap parameter masukan yang utama (penentuan parameter masukan mana yang “utama” atau “signifikan”

adalah bersifat subyektif, tetapi dapat menyertakan *discount rate*, volume lalu lintas, nilai tundaan pengguna jalan per jam, biaya agensi (lembaga), umur kekuatan atau performa perkerasan dan biaya-biaya rehabilitasi), semua parameternya tetap konstan, sedangkan parameter yang bersangkutan itu bervariasi dari kisaran yang masih masuk akal (baik dalam beberapa persen dari nilai awal atau lebih dari kisaran nilai awal tersebut). Nilai NPV yang dihasilkan harus memberikan pengaruh pada dampak variabilitas parameter masukan pada analisis LCCA secara keseluruhan. Kekurangan utama analisis sensitivitas adalah bahwa tidak adanya kredit bagi kemungkinan relatif pada nilai masukan (input). Oleh karena itu, bobot yang sama diberikan atau dibebankan kepada semua asumsi nilai masukan (input) dengan mengabaikan segala kemungkinan yang akan terjadi.

### 4.3.2 Analisis Probabilitas (Kemungkinan)

“Analisis Probabilitas” (kadang-kadang disebut “analisis risiko”) adalah istilah yang menjelaskan metode analisis yang digunakan dalam perhitungan variabilitas yang potensial dari parameter masukan (input). Analisis LCCA dasar yang menentukan biaya siklus hidup (*life cycle cost*) berdasarkan pada parameter masukan yang paling masuk akal atau mungkin dilaksanakan, dinamakan deterministik (contoh, biaya tenaga kerja yang paling memungkinkan, biaya material, waktu pelaksanaan pekerjaan, jeda waktu sampai dilakukannya rehabilitasi, dan lain-lain). Berdasarkan pada nilai-nilai masukan (*input*) yang diasumsikan, hanya dihasilkan satu nilai keluaran (*output*). Proses deterministik (membedakan) pada LCCA ini tidak memperhitungkan dua item penting, diantaranya:

1. Variabilitas potensial dari parameter-parameter masukan (input).
2. Kemungkinan timbulnya nilai parameter-parameter masukan (input) yang lain.

Analisis probabilitas penting untuk dilakukan karena dapat dimasukkan dalam berbagai potensi *life cycle cost* dan terkait dengan kemungkinan yang

akan terjadi. Dengan adanya informasi ini, agensi (lembaga) dapat menilai risiko yang terkait dengan distribusi probabilitas tertentu dari *life cycle cost* (biaya siklus hidup) (contoh, apakah dimungkinkan untuk menerima 20% kemungkinan bahwa pekerjaan akan memakan biaya yang lebih dari 10 juta dollar) dan membuat kemungkinan keputusan yang paling dapat diinformasikan atau dipertanggungjawabkan. Terlebih lagi jika analisis probabilitas tidak dilakukan dan meninggalkan pemikiran dari penilai, jenis dari analisis risiko yang subyektif ini bisa kurang akurat atau salah untuk sejumlah alasan, termasuk data yang tidak lengkap, data yang tidak benar atau anggapan (persepsi) buruk dari analisis risiko tersebut.

## 4.4 Harga Satuan Dasar

### 4.4.1 Pengertian Harga Satuan Dasar

Data harga satuan dasar yang digunakan dalam perhitungan analisis harga satuan adalah sebagai berikut:

- a. Harga pasar setempat pada waktu yang bersangkutan.
- b. Harga kontrak untuk barang/pekerjaan sejenis setempat yang pernah dilaksanakan dengan mempertimbangkan faktor-faktor kenaikan harga yang terjadi.
- c. Informasi harga satuan yang dipublikasikan secara resmi oleh Biro Pusat Statistik (BPS) dan media cetak lainnya.
- d. Daftar harga/tarif barang/jasa yang dikeluarkan oleh pabrik atau agen tunggal.
- e. Daftar harga standar yang dikeluarkan oleh pabrik atau agen tunggal.
- f. Daftar harga standar yang dikeluarkan oleh instansi yang berwenang baik pusat maupun daerah.
- g. Data lain yang dapat digunakan.

## 4.4.2 Tenaga Kerja

### Hari Orang Standar (*Standard Man Day*)

Yang dimaksud dengan pekerja standar di sini adalah pekerja trampil yang biasa mengerjakan satu macam pekerjaan seperti pekerjaan galian, pekerja pengaspalan, pekerja pemasangan batu, pekerja las dan lain sebagainya.

Dalam sistem pengupahan digunakan satu satuan upah berupa orang hari standar (*Standard Man Day*) yang disingkat dengan HO atau MD, yaitu sama dengan upah pekerjaan dalam 1 hari kerja (8 jam kerja termasuk 1 jam istirahat).

### Jam Orang Standar (*Standard Man Hour*)

Di dalam standar hari orang yang dimaksud satu hari kerja adalah 8 jam terdiri dari 7 jam kerja (efektif) dan 1 jam istirahat.

Data harga satuan dasar tenaga kerja yang digunakan dalam perhitungan analisis harga satuan adalah sebagai berikut:

- 1) Harga pasar setempat pada waktu yang bersangkutan
- 2) Harga kontrak untuk barang/pekerjaan sejenis setempat yang pernah dilaksanakan dengan mempertimbangkan faktor-faktor kenaikan harga yang terjadi
- 3) Informasi harga satuan yang dipublikasikan secara resmi oleh Biro Pusat Statistik (BPS) dan media cetak lainnya
- 4) Daftar harga/tarif barang/jasa yang dikeluarkan oleh pabrik atau agen tunggal
- 5) Daftar harga standar yang dikeluarkan oleh instansi yang berwenang baik pusat maupun daerah
- 6) Data lain yang dapat digunakan.

## 4.5 Harga Satuan Pekerjaan

### 4.5.1 Pengertian Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan setiap mata pembayaran yang merupakan keluaran (*output*) diperoleh melalui proses perhitungan dari masukan-masukan (*input*). Dalam hal ini, masukan yang dimaksud antara lain berupa harga satuan dasar untuk bahan, alat, upah tenaga kerja serta biaya umum dan laba (*overhead & profit*). Berdasarkan masukan tersebut dilakukan perhitungan untuk menentukan koefisien bahan, upah tenaga kerja dan peralatan setelah terlebih dahulu menentukan asumsi-asumsi dan faktor-faktor serta prosedur kerjanya. Jumlah dari seluruh hasil perkalian koefisien tersebut dengan harga satuan dasar ditambah dengan biaya umum & laba akan menghasilkan harga satuan setiap mata pembayaran.

Selanjutnya Harga Satuan Setiap Mata Pembayaran dikalikan dengan Volume Pekerjaan menghasilkan Harga Pekerjaan Setiap Mata Pembayaran. Adapun jumlah Harga Pekerjaan Seluruh Mata Pembayaran yang dikalikan PPN 10% merupakan perkiraan (Estimasi) Biaya Proyek (EE/OE).

### 4.5.2 Bahan

Bahan yang dimaksud adalah bahan/material yang memenuhi ketentuan/persyaratan yang tercantum dalam dokumen kontrak buku 3 Spesifikasi, baik mengenai jenis kuantitas maupun komposisinya bila merupakan suatu produk campuran.

Perhitungan dilakukan berdasarkan:

1. Kuantitas (diperoleh dari Spesifikasi Teknis)
2. Harga Satuan Dasar Bahan

Perhitungan yang dilakukan adalah untuk mendapatkan kuantitas komponen bahan dalam satuannya masing-masing, misalnya aspal dalam

kg, semen dalam kg atau zak, dan sebagainya untuk memperoleh satu satuan produk/hasil pekerjaan yang bersangkutan.

### **4.5.3 Tenaga Kerja**

#### **Kualifikasi**

Ada beberapa kualifikasi tenaga kerja yang dapat digunakan untuk menyelesaikan suatu jenis mata pembayaran pekerjaan, antara lain mandor, pekerja, tukang, sopir, operator dan lain-lain.

#### **Jumlah**

Jumlah tenaga kerja yang digunakan sebagai faktor utama dalam proses produksi (misalnya pembesian, galian yang menggunakan tenaga manusia, pasangan batu bata, plesteran, dan lain sebagainya) dihitung dengan cara ditaksir.

Jumlah tenaga kerja yang digunakan sebagai pendukung peralatan dihitung atas dasar produktivitas peralatan yang paling menentukan dibagi dengan jumlah dan klasifikasi tenaga kerja yang digunakan sesuai dengan uraian metode kerja.

#### **Kuantitas Jam Kerja**

Kuantitas jam kerja adalah angka yang menunjukkan lamanya pemakaian tenaga kerja dalam mengerjakan satu satuan produk suatu mata pembayaran.

#### **Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja**

Harga satuan dasar tenaga kerja yang diperlukan dalam proses perhitungan analisa harga satuan pekerjaan yaitu berupa resume Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja yang dibutuhkan dalam mata pembayaran pekerjaan tersebut berdasarkan data otentik yang tersedia.

#### 4.5.4 Biaya Umum & Keuntungan

Setelah biaya langsung suatu jenis mata pembayaran didapatkan, yaitu merupakan jumlah total harga tenaga, bahan, dan alat perlu diperhitungkan adanya biaya umum dan keuntungan yang berupa persentase dari biaya langsung tersebut.

#### 4.5.5 Estimasi Biaya

##### **Harga Satuan Setiap Mata Pembayaran**

Harga satuan setiap mata pembayaran adalah harga suatu jenis pekerjaan tertentu per satuan tertentu berdasarkan rincian metode pelaksanaan, yang memuat jenis, kuantitas, dan harga satuan dasar dari komponen tenaga kerja, bahan, dan peralatan yang diperlukan dan didalamnya sudah termasuk biaya umum dan keuntungan.

##### **Volume Pekerjaan**

Volume pekerjaan untuk setiap mata pembayaran disesuaikan dengan kebutuhan per proyek yang dicantumkan dalam Daftar Kuantitas dan Harga (*BOQ/Bill of Quantities*)

##### **Harga Pekerjaan Setiap Mata Pembayaran**

Harga pekerjaan setiap mata pembayaran akan tercantum dalam Daftar Kuantitas dan Harga (*BOQ/Bill of Quantities*) yang merupakan hasil perkalian volume pekerjaan dengan harga satuan setiap mata pembayaran.

##### **Harga Total Seluruh Mata Pembayaran**

Harga total seluruh mata pembayaran merupakan jumlah dari seluruh hasil perkalian volume pekerjaan dengan harga satuan masing-masing mata pembayaran.

## **PPN**

Pajak Pertambahan Nilai (PPN) besarnya adalah 10% dari harga total Seluruh Mata Pembayaran.

## **Perkiraan (Estimasi) Biaya Proyek**

Perkiraan biaya proyek merupakan jumlah dari harga total seluruh mata pembayaran ditambah dengan Pajak Pertambahan Nilai (PPN).

# **4.6 Keuntungan (*Benefit*)**

## **4.6.1 *Vehicle Operating Costs Savings (VOC)***

- **Biaya Variabel**

Biaya yang bervariasi sesuai dengan tingkat pengoperasian kendaraan.

Biaya variabel ini di antaranya adalah:

1. biaya konsumsi (pemakaian) bahan bakar minyak
2. biaya konsumsi (pemakaian) pelumas
3. biaya konsumsi (pemakaian) ban
4. biaya konsumsi (pemakaian) suku cadang
5. biaya montir

- **Biaya Tetap**

Biaya yang tidak bervariasi atas tingkat pengoperasian kendaraan. Biaya tetap ini di antaranya adalah:

1. biaya pengembalian modal/aset tak bergerak
2. biaya bunga (pengadaan armada kendaraan)
3. biaya depresiasi kendaraan
4. biaya awak kendaraan
5. biaya asuransi
6. biaya *overhead*

## 4.6.2 Nilai Waktu Perjalanan atau *Value of Travel Time Savings (VTTS)*

- nilai waktu orang
- nilai waktu barang

Metode perkiraan biaya satuan nilai waktu perjalanan, berdasarkan atas: *income approach* (PDB), *stated preference*, dan survei biaya perjalanan (survei data primer).

Nilai waktu perjalanan adalah masukan penting untuk analisis *benefit-cost*, memahami perilaku pengguna jalan, dan menentukan penggunaan modal dana transportasi yang terbaik. Bagaimana cara memilih VTTS (nilai waktu perjalanan) yang tepat, telah menjadi topik penelitian pada berbagai subyek empiris dan studi pemodelan. Namun, hampir semua penelitian telah menghasilkan nilai rata-rata pada seluruh penduduk kota maupun sekelompok pendatang (turis atau wisatawan) pada daerah tersebut. Terdapat pula beberapa penelitian mengenai nilai reliabilitas waktu perjalanan, yang saling terkait meskipun terdapat perbedaan dalam penentuan nilainya.

Perkiraan biaya satuan nilai waktu perjalanan dapat diperoleh dengan 2 cara, yaitu:

- Dari badan statistik atau BPS (Biro Pusat Statistik), dengan menggunakan perkiraan PDB per kapita (Produk Domestik Bruto).
- Menggunakan pendekatan rumus VTTS. Rumus formula yang digunakan dalam perhitungan analisis VTTS adalah sebagai berikut:

$$VTTS = (1 - r - (p \times g)) \times (MP + (1 - r)) \times ((v \times w) + r) \times vl \times MPF$$

Di mana:

- r = proporsi dari waktu perjalanan yang dihemat, yang digunakan untuk *leisure* (waktu luang)
- p = proporsi dari waktu perjalanan yang dihemat, untuk melakukan pekerjaan pada saat perjalanan

- g = nilai relatif dari produktivitas pekerjaan yang dilakukan pada saat perjalanan dibandingkan dengan nilai ekivalennya, bila waktu digunakan di kantor
- MP = nilai *marginal product* dari tenaga kerja
- vl = nilai *moneter* dari waktu untuk *leisure* (waktu luang)
- vw = nilai *moneter* dari waktu untuk bekerja di kantor
- MPF = nilai tambahan *output* yang dihasilkan

### 4.6.3 Biaya Kecelakaan/*Accident Cost*

Biaya kecelakaan dikelompokkan berdasarkan fatalitas kecelakaannya, yaitu mati, luka berat, luka ringan. Metode perkiraan yang digunakan dalam analisis biaya kecelakaan dapat menggunakan *income approach* atau menggunakan *willingness to pay*.

Komponen-komponen biaya kecelakaan meliputi:

- Biaya kerugian korban
  - biaya ambulan
  - biaya perawatan rumah sakit
  - biaya rehabilitasi
  - biaya asuransi
  - biaya kerugian akibat kehilangan pekerjaan/penghasilan
  - biaya kerugian akibat kematian dan biaya duka
  - kerugian akibat rasa sakit dan penderitaan
  - kerugian pada keluarga dan kerabat
- Biaya kerugian material
  - biaya akibat kerusakan kendaraan
  - biaya akibat kerusakan dan atau kehilangan barang pribadi
  - biaya akibat kerusakan barang yang di angkut
  - biaya mobil derek
  - biaya akibat kerusakan jalan dan pelengkap jalan
  - biaya akibat kemacetan lalu lintas

- Biaya penanganan
  - biaya administrasi
  - biaya penanganan dan penyelidikan lapangan
  - biaya persidangan pengadilan

Metode perhitungan analisis biaya kecelakaan (*Accident Cost*) dapat dihitung dengan berbagai alternatif perhitungan, di antaranya:

- Pendekatan Nilai bersih Sumber Daya (*The Net Output Approach*)
- Pendekatan Asuransi Jiwa (*The Life Insurance Approach*)
- Pendekatan Keputusan Peradilan (*The Court Award Approach*)
- Pendekatan Pengeluaran Sektor Publik (*The Implicit Public Sector Valuation Approach*)
- Pendekatan Keinginan untuk Membayar (*The Willingness To Pay Approach*)
- Pendekatan Nilai Kotor Sumber Daya (*The Gross Output 'Human Capital' Approach*)
- Dari berbagai alternatif perhitungan dalam menentukan biaya kecelakaan (*Accident Cost*), metode perhitungan yang sering digunakan adalah dengan menggunakan metode Pendekatan Nilai Kotor Sumber Daya (*The Gross Output 'Human Capital' Approach*).





# 5

## HDM-4

### 5.1 Analisis Pekerjaan

Analisis proyek atau pekerjaan ini memungkinkan para pemakai untuk menilai kelayakan fisik, fungsi dan ekonomi dari alternatif-alternatif proyek yang khusus (ditentukan) dengan cara membandingkannya terhadap kasus dasar atau tidak melakukan apa-apa (konvensional). Persoalan yang ada adalah:

1. Kinerja dari struktur perkerasan

Dalam menerima beban lalu lintas, perkerasan harus kuat dan tahan lama, sehingga tidak mudah rusak atau gagal. Untuk itu, HDM 4 punya model analisis yang bisa menghitung kekuatan struktur perkerasan dalam melayani beban lalu lintas yang membebani di atasnya

2. Prediksi siklus hidup dari keadaan yang buruk, efek dan biaya dari pemeliharaan.

HDM 4 dapat menghitung kemungkinan buruk dari struktur dan lapisan permukaan perkerasan untuk periode analisis tiap tahunnya. Jika pengguna *software* ini menyediakan opsi-opsi atau pilihan alternatif, HDM 4 dapat menerapkan jenis pemeliharaan, menghitung biaya pemeliharaan dan efek yang kemungkinan dapat terjadi. HDM 4 juga

dapat menghitung biaya *overlay* jalan dengan bantuan dari spesifikasi yang diberikan oleh pengguna.

3. Biaya pemakai jalan dan keuntungannya

Biaya pemakai jalan (*road user cost*) terdiri dari VOC (*Vehicle Operating Costs*) atau Biaya Pengoperasian Kendaraan, TTC (*Travel Time Cost*) atau Biaya Perjalanan dan AC (*Accident Cost*) atau Biaya Kecelakaan. Jika tidak adanya suatu pemeliharaan yang dilakukan atau tidak melakukan apapun itu pilihan dari pemeliharaan, biaya pemakai jalan tersebut menjadi besar tetapi jika ada usaha pemeliharaan yang dilakukan seperti *overlay* atau ada yang dilakukan, maka biaya pemakai jalan ini sebagian besar akan berkurang. Jika 2 pilihan biaya-biaya pemakai jalan diatas dibandingkan, maka akan terlihat adanya keuntungan yang didapatkan dengan adanya pekerjaan pemeliharaan.

4. Perbandingan ekonomi dari alternatif - alternatif yang digunakan dalam suatu proyek.

Dalam pemeliharaan jalan ini, pengguna *software* ini harus mempunyai bermacam-macam strategi pemeliharaan. HDM 4 ini dapat menghitung indikator-indikator (parameter-parameter) ekonomi seperti NPV, IRR dan lainnya, yang digunakan untuk setiap pilihan strategi pemeliharaan pada periode analisis proyek (pekerjaan). Pilihan pemeliharaan yang paling memberikan keuntungan akan menjadi salah satu pilihan atau alternative pemeliharaan yang memberikan *feed-back* ekonomi yang maksimal.

Analisis proyek yang dilakukan dengan menggunakan pemodelan, khususnya dengan model dari HDM 4 ini, dapat dilakukan untuk:

1. Pemeliharaan jalan-jalan yang ada
2. Meningkatkan atau perbaikan jalan-jalan yang ada
3. Konstruksi perkerasan jalan yang baru
4. Konstruksi yang bertingkat
5. Evaluasi pekerjaan atau proyek jalan

## 5.2 Analisis Program

Program dari tahun ke tahun (*multi-year*) yang berjalan untuk jaringan jalan ini adalah dengan cara memaksimalkan NPV atau *Benefit Cost Ratio*. Program ini ditujukan pada prioritas pekerjaan yang dipilih dalam jangka panjang berdasarkan pada batasan biaya atau dana suatu program pekerjaan.

Analisis program seperti yang telah ditetapkan, adalah suatu analisis yang digunakan untuk melakukan program pemeliharaan tahunan atau digunakan untuk program dari tahun ke tahun (*multi-year*). Peralatan analisis program tersebut telah disatukan dalam HDM-4 untuk kemudahan analisis pada semua jaringan jalan dalam mengidentifikasi bagian jalan yang dipilih untuk pekerjaan pemeliharaan pada periode pendanaan tertentu. Untuk pendanaan yang dibatasi, kriteria ekonomi yang digunakan untuk memilih jalan adalah dengan cara memaksimalkan nilai NPV.

Dengan melaksanakan perhitungan pada analisis program ini, dapat diperoleh keuntungan pelaksanaan analisis program sebagai berikut:

- Identifikasi bagian jalan yang akan dilakukan pemeliharaan
- Menentukan alternatif-alternatif perbaikan jalan
- Pengoptimalan program dalam hal pembatasan pendanaan pekerjaan
- Mendapatkan daftar proyek atau pekerjaan yang optimal dalam periode pendanaan

## 5.3 Analisis Strategi

Analisis strategi dapat didefinisikan sebagai analisis semua jaringan jalan untuk rencana jangka panjang dalam skenario pendanaan yang berbeda-beda.

Tujuan dari analisis strategi adalah:

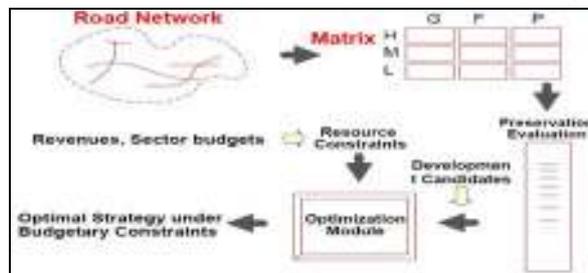
1. Menentukan alokasi pendanaan untuk pemeliharaan dan perbaikan jalan

2. Persiapan program kerja
3. Menentukan kinerja jaringan jalan jangka panjang
4. Menilai pengaruh yang dirasakan pada pengguna jalan

Analisis ini dilakukan pada seluruh jaringan jalan untuk rencana pendanaan jangka panjang atau untuk mengoptimalkan strategi pemeliharaan. Dalam kasus lain, semua jaringan jalan dibagi dalam beberapa jaringan jalan tergantung pada spesifikasi atau sifat-sifat utama yang mempengaruhi kinerja perkerasan.

Dengan adanya analisis strategi ini, kita dapat melakukan analisis *life-cycle* dalam jangka waktu tahun yang lama, sehingga jika kita tidak punya cukup dalam pendanaan, dapat dilakukan optimalisasi.

Pendekatan analisis HDM-4 mengenai analisis strategi, dapat dilihat pada gambar berikut.



Sumber: Henry Kerali, 2008

Gambar 5-1. Pendekatan Analisis Strategi

## 5.4 Analisis Penelitian, Regulasi, dan Kebijakan

### 5.4.1 Perbaikan dan Pemeliharaan Jalan

Perbaikan dan pemeliharaan yang dilakukan ini, akan terlihat dan berpengaruh dalam jangka waktu yang panjang. Di samping adanya pekerjaan perbaikan dan pemeliharaan jalan ini yang berpengaruh dalam

jangka waktu yang panjang, pekerjaan ini juga memerlukan pendanaan yang cukup tergantung dalam standar pemeliharaan khusus dan biaya unit setiap pemeliharaan.



Sumber: Henry Kerali, 2008

Gambar 5-2. Grafik Sketsa Pemeliharaan dan Rehabilitasi Kinerja Perkerasan Jalan

Dalam HDM-4, dilakukan penilaian mengenai pekerjaan, di antaranya:

1. Konstruksi perkerasan baru, *upgrading* atau peningkatan
2. Konstruksi ulang, memperkuat kembali
3. Pelebaran jalan, penambahan lajur
4. Lajur kendaraan bukan motor

Indicator ekonomi yang digunakan dalam analisis kelayakan ini adalah sebagai berikut:

1. NPV (*Net Present Value*)
2. BCR (*Benefit Cost Ratio*)
3. FYRR (*First Year Rate of Return*)

Dalam analisis menggunakan *software* HDM-4 ini, diperlukan data penunjang analisis, sebagai berikut:

1. Periode analisis dan *discount rate* (tingkat bunga)
2. Karakteristik kendaraan
3. Nilai waktu
4. Keselamatan pengguna jalan
5. Strategi pemeliharaan jalan

Strategi pemeliharaan jalan untuk perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

- a. Pemeliharaan rutin
  - b. *Patching*, strategi yang cepat (responsif)
  - c. *Overlay*, pilihan yang terjadwal
6. Penggunaan set atau kumpulan data  
Contoh data yang digunakan adalah:
- a. Jabaran atau karakteristik jaringan jalan yang ada
  - b. Karakteristik antrian kendaraan
  - c. Strategi pemeliharaan
  - d. Strategi perbaikan jalan
7. Karakteristik jaringan jalan

HDM-4 mempunyai ketentuan atau persyaratan untuk standar kumpulan data mengenai klas jalan, pola arus lalu lintas, jenis kecepatan laju kendaraan, zona cuaca atau musim, jenis perkerasan, sifat-sifat bahan.

**Tabel 5-1. Standar Kumpulan Data Jaringan Jalan**

Characteristic	Example of pre defined datasets
Road class	Primary or Trunk Secondary or Main Tertiary or local
Traffic flow pattern	Free-flow Inter-urban Seasonal
Speed flow type	Single lane road Two lane road standard Two lane road wide Four lane road
Climate zone	Sub-humid / tropical Humid / tropical Tropical semi arid
Pavement types	Unsealed Bituminous Concrete Block
Material properties	Quartzitic gravel Well-graded gravel-sands with small clay content Clays (inorganic) of high plasticity

Sumber: Pienaar, dkk, 2000

8. Jenis armada kendaraan
9. Kecepatan laju kendaraan
10. Alternatif pemeliharaan rutin pekerasan jalan

- Rekonstruksi perkerasan
- Pelapisan kembali perkerasan
- Perbaikan tepi jalan, *patching* dan Menutup retakan jalan
- Pemeliharaan drainase
- Jenis pemeliharaan rutin yang lain

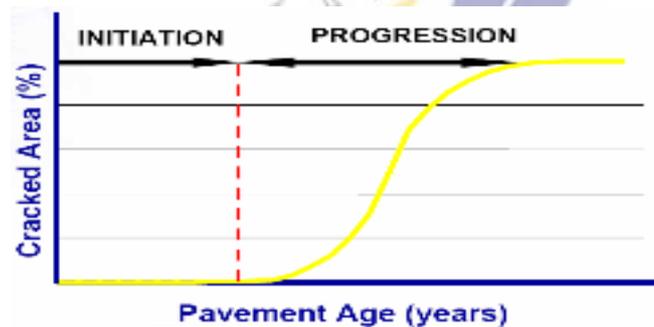
## 5.4.2 Pemodelan dalam HDM-4

### Pemodelan Kemungkinan Kerusakan Jalan

Pemeriksaan studi atau analisis ini lebih ditekankan kepada keretakan struktur perkerasan, *rutting* dan kekasaran perkerasan (*roughness*). Menurut Morosiuk dkk, 2000, pendekatan kemungkinan kerusakan jalan pada HDM-4 untuk cara-cara tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Keretakan (*Cracking*)

Keretakan dalam HDM-4 dimodelkan dalam 2 fase yang terpisah atau berbeda (Morosiuk dkk, 2000). Pada fase awal, penekanan analisis ini belum menjadi pembuktian dan area tersebut nol atau kosong. Setelah fase awal, area keretakan secara bertahap berkembang mengikuti kurva sigmoidal.



Sumber: Pienaar, dkk, 2000

Gambar 5-3. Hubungan antara Area Retak dan Umur Pakerasan

Rumus yang digunakan dalam perhitungan *all cracking* adalah sebagai berikut:

$$d_{ACA} = K_{CSA} \left[ \frac{CRP}{CDS} \right] z_A [(z_A \cdot a_0 \cdot a_1 \cdot \delta_A \cdot Y E_4 \cdot S N P^{0.2} + SCA^{0.1})^{1/0.1} - SCA]$$

## 2. Kedalaman Bekas Roda (*Rut Depth*)

Model kedalaman bekas roda atau alur (*Rut Depth*) dalam HDM-4 ini berdasarkan pada 4 komponen dari bekas roda, kedalaman bekas roda setiap saat atau berulang-ulang, nantinya akan menjadi akumulasi dari 4 komponen tersebut. 4 komponen ini adalah sebagai berikut:

1. *Initial Densification*: jejak roda pada tahun pertama setelah konstruksi atau rekonstruksi baru yang termasuk lapisan dasar yang baru (*new base layer*).
2. *Structural deformation*: jejak roda atau alur struktural pada tahun berikutnya.
3. *Plastic deformation*: pelepasan butir pada lapisan aspal.
4. *Wear from studded tires*: Jejak roda pada kondisi salju.



Sumber: Pienaar, dkk, 2000

Gambar 5-4. Hubungan *Rutting* dan Umur Perkerasan

Dalam perhitungan *rut depth*, dipengaruhi oleh fungsi dari:

- a. Umur
- b. *Traffic* (lalu lintas)
- c. *Strength* (kekuatan)
- d. *Compaction* (pemadatan)

$$RDM = \min[(RDO + RDST + RDPD + RDW), 100]$$

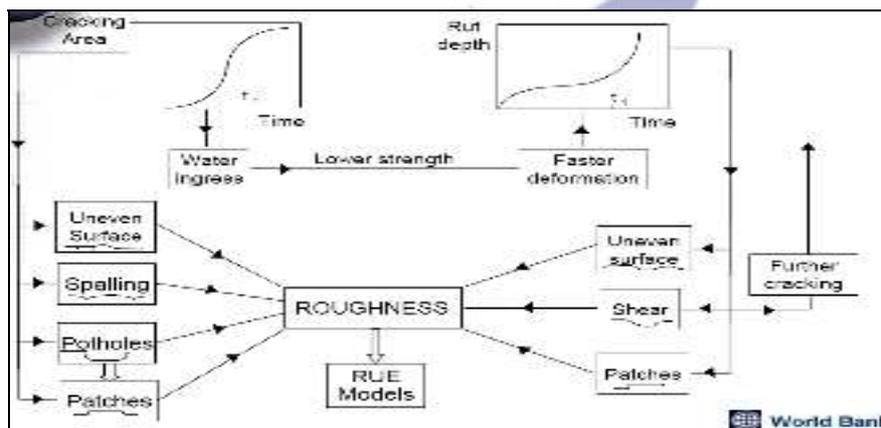
### 3. Kekasaran (*Roughness*)

Perkembangan kekasaran ini diperkirakan dalam HDM-4 sebagai akumulasi dari 5 komponen, yaitu keretakan, struktural, *rutting*, *potholing*, dan komponen lingkungan. Kekasaran dihitung pada tiap akhir tahun, mempertimbangkan kondisi perubahan untuk setiap mode atau komponen yang ditekankan secara berurutan tiap tahun dari periode analisis. Analisis kekasaran (*roughness*) adalah dengan rumus sebagai berikut:

$$RI_t = 0.98e^{mt} [RI_0 - 135SNC^2 NE_t] + 0.143RDS_t + 0.0068ACX_t + 0.056PAT_t$$

Jika sebuah model yang umum diperlukan tanpa diketahuinya tekanan pada permukaan, Paterson dan TOOH-Okine, 1992, mengembangkan suatu hubungan alternatif untuk memprediksi kekasaran, yang disebut sebagai *aggregate model*, yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$RI_t = 1.04e^{mt} [RI_0 + 263(1 + SNC)^{-5} NE_t]$$



Sumber: Pienaar, dkk, 2000

Gambar 5-5. Hubungan Antar-Kerusakan

Berikut tabel deskripsi pemodelan kerusakan jalan yang dilakukan oleh HDM-4:

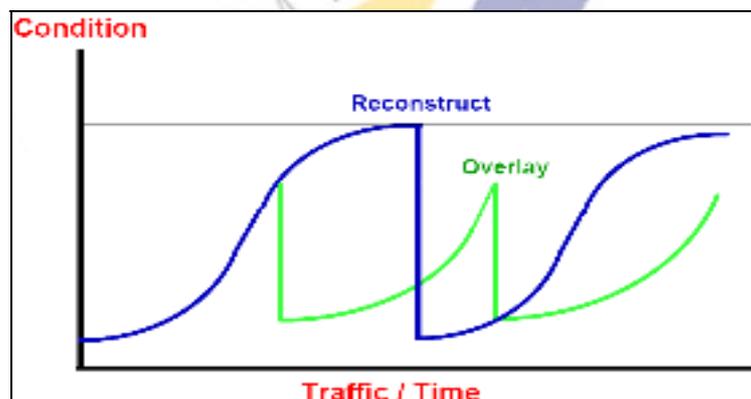
**Tabel 5-2. Model Penekanan pada HDM-4**

Distress	Description
All Cracking	The area of narrow and wide cracking (greater than 1 mm in width) as a percentage of the total carriageway area.
Wide Cracking	The area of wide cracking (greater than 3 mm in width) as a percentage of the total carriageway area.
Ravelling	The total area ravelled as a percentage of the total carriageway.
Potholing	The total area of open potholes (minimum depth of 25 mm, diameter of 150 mm) as a percentage of the total carriageway.
Rutting	The mean and standard deviation of rut depth as measured in mm under a 1.2m straight edge.
Roughness	Roughness in IRI as defined by Sayers et al (1986)

Sumber: Rohde, T.Gustav, 1998

### Pemodelan Efek Pekerjaan Jalan

Kerusakan jalan terdiri dari kerusakan permukaan dan struktur perkerasan. Kerusakan permukaan perkerasan dapat dicegah dengan cara pemeliharaan rutin. Sedangkan kerusakan struktural hanya dapat dikurangi dengan cara pemeliharaan tetapi kerusakan tersebut tidak dapat dicegah.



Sumber: Henry Kerali, 2008

**Gambar 5-6. Hubungan Kondisi Perkerasan dan Lalulintas atau Waktu**

Dalam pekerjaan jalan, dapat diklasifikasikan suatu pekerjaan jalan, di antaranya adalah sebagai berikut:

**Tabel 5-3. Klasifikasi Pekerjaan Jalan**

Preservation	Perkembangan atau Kemajuan
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rutin               <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Patching</i>, perbaikan tepi</li> <li>• <i>Drainage</i>, menambal retakan</li> </ul> </li> <li>- Periodik               <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Perawatan yang preventif</i></li> <li>• <i>Rahabilitasi</i></li> <li>• <i>Rekonstruksi</i> perkerasan</li> </ul> </li> <li>- Khusus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbaikan               <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Pelebaran jalan</i></li> <li>• <i>Realignment</i></li> <li>• <i>Pekerjaan</i> jalan bukan kendaraan</li> </ul> </li> <li>- Konstruksi               <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bagian jalan yang baru</i></li> <li>• <i>Peningkatan</i> mutu jalan</li> </ul> </li> </ul>

Sumber: Henry Kerali, 2008

## 5.5 Implementasi HDM-4 Dalam Sistem Manajemen Jalan

### 5.5.1 Pengumpulan Data (*Data Collection*)

Aspek penting tentang pengumpulan data untuk sistem manajemen jalan adalah untuk mengumpulkan sesedikit mungkin yang akan menyediakan informasi manajemen yang diperlukan. Untuk tujuan pengelolaan pemeliharaan perkerasan jalan, diperlukan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan minimal memberikan informasi mengenai persediaan jalan, kualitas jalan, marabahaya permukaan, kekuatan perkerasan dan karakteristik lalu lintas. Penting untuk dicatat bahwa kebutuhan data tidak perlu diukur sesuai dengan persyaratan data pada model HDM-4.

### 5.5.2 Manajemen Database (*Database Management*)

HDM 4 sistem telah dirancang secara sengaja untuk menghubungkan dengan sistem manajemen database (*DataBase Management System (DBMS)*). Model database penghubung, adalah yang paling sering digunakan dalam sistem manajemen jalan. Metode yang digunakan oleh HDM-4 untuk membuat jaringan ke database lain adalah melalui

penggunaan impor dan ekspor data *file* yang diciptakan untuk format standar (Wightman dkk, 2000). Impor data ke dalam HDM-4 (serta ekspor dari HDM-4) diatur sesuai dengan objek data (jaringan jalan, armada kendaraan, pemeliharaan dan perbaikan standar, konfigurasi HDM). Atribut fisik dari obyek data yang dipilih harus diekspor ke format *file* yang ditetapkan untuk HDM-4. Cara ini memungkinkan semua data yang dibutuhkan oleh HDM-4 akan diimpor langsung dari *database* apa pun. Ketentuan informasi data, mungkin perlu diimplementasikan untuk mengonversi atau mengubah data masukan dari database luar atau awal ke format yang dipakai HDM-4.

### 5.5.3 Pendukung Suatu Keputusan (*Decision Support*)

Peran penting bahwa HDM-4 akan berpengaruh dalam suatu sistem manajemen jalan adalah karena HDM-4 tersebut adalah suatu alat pendukung keputusan. Karena itu, dirancang untuk dapat:

- Mendukung semua fungsi dari Perencanaan, Pemrograman, Persiapan dan Kebijakan Penelitian.
- Memprediksi dampak masa depan dari tingkat pendanaan dan kebijakan manajemen pada kinerja jaringan jalan dan pengguna jalan.
- Menyediakan prediksi yang nyata dari interaksi antara lingkungan, beban lalu lintas, standar konstruksi, standar pemeliharaan dan kinerja jaringan jalan.
- Menilai dampak kebijakan pengelolaan jalan pada biaya *life-cycle* perkerasan jalan.
- Menyediakan mekanisme untuk menyelidiki alternatif investasi yang optimal di sektor jalan.

#### 5.5.4 Informasi Manajemen (*Management Information*)

Tujuan alat pendukung keputusan adalah untuk menyediakan informasi mengenai manajemen kunci yang akan membantu para pembuat kebijakan senior dan manajer dalam sektor jalan untuk membuat keputusan yang baik. Selain itu, akan ada manajemen informasi lain yang harus langsung diambil dari *database*. Jadi, manajemen informasi dapat digolongkan menjadi 3 kelompok:

- Indikator kinerja-informasi yang dapat digunakan oleh publik dan organisasi jalan adalah untuk mengukur seberapa baik pengelolaan jaringan jalan. Beberapa informasi tersebut mengenai tren prediksi performa jaringan, kecepatan perjalanan rata-rata dan biaya perjalanan rata-rata selama beberapa tahun.
- Operasional statistik-informasi bersifat kuantitatif yang digunakan terutama dalam organisasi jalan adalah untuk menilai kebutuhan anggaran, mengukur prestasi tahunan dan membuat penilaian pada efektivitas dan efisiensi dalam organisasi.
- Keputusan kriteria-informasi yang digunakan oleh manajemen peringkat menengah dan profesional teknis adalah untuk membuat keputusan tentang program kerja tahunan dan untuk memilih antara beberapa alternatif proyek. Ini termasuk daftar prioritas proyek jalan dan/atau indikator ekonomi kelayakan proyek.

### 5.6 Adaptasi HDM-4 dalam Kondisi Lokal

*Penting untuk dicatat bahwa sebelum menggunakan HDM-4 untuk pertama kalinya di negara manapun, sistem harus dikonfigurasi dan dikalibrasi untuk penggunaan lokal.* Sejak HDM-4 ini dirancang untuk digunakan dalam berbagai lingkungan, Konfigurasi HDM-4 menyediakan fasilitas untuk menyesuaikan sistem operasi yang mencerminkan norma-norma adat di lingkungan yang diteliti. Data standar dan koefisien kalibrasi dapat didefinisikan dalam cara yang fleksibel untuk meminimalkan jumlah data

yang harus diubah dalam setiap aplikasi HDM-4. Nilai-nilai standar disediakan oleh HDM-4, tetapi semua kemudahan dan fasilitas bagi pengguna disediakan untuk kemungkinan perubahan data. Sebagai contoh, data standar dapat ditentukan untuk menentukan rentang lalu lintas, seperti lalu lintas tinggi, sedang dan lalu lintas rendah yang mungkin berbeda-beda sesuai dengan sistem klasifikasi jalan yang digunakan di negara.

Kalibrasi HDM-4 ini dimaksudkan untuk meningkatkan akurasi prediksi kinerja perkerasan dan konsumsi sumber daya kendaraan. Model kerusakan perkerasan yang tergabung dalam HDM-4, dikembangkan dari hasil percobaan lapangan besar yang dilakukan di beberapa negara. Akibatnya, persamaan standar di HDM-4 jika digunakan tanpa kalibrasi, akan memprediksi kinerja dari perkerasan yang mungkin tidak akurat sesuai dengan yang diamati pada ruas jalan tertentu. *Sebuah asumsi dasar yang dibuat sebelum menggunakan HDM adalah bahwa model kinerja perkerasan akan dikalibrasi untuk mencerminkan tingkat kerusakan perkerasan pada jalan yang diamati di mana model tersebut diterapkan.* Besarnya kalibrasi HDM dapat didefinisikan sebagai berikut (Bennett dan Paterson, 2000):

- Tingkat 1  
Aplikasi: Berdasarkan pada *desk study* dari data yang tersedia dan pengalaman rekayasa kinerja perkerasan.
- Tingkat 2  
Verifikasi: Berdasarkan dari data kondisi perkerasan yang diukur, dikumpulkan dari sebagian besar ruas jalan.
- Tingkat 3  
Adaptasi: pengumpulan data percobaan yang diperlukan untuk memantau kinerja jangka panjang perkerasan di daerah studi.

## 5.7 Kesimpulan Penggunaan HDM-4

*Sistem HDM-4 dipandang sebagai keputusan bersama internasional sebagai alat dukungan standar dalam manajemen jalan. Selain status dari para sponsor atau pemilik sistem HDM-4, alasan-alasan berikut ini ditawarkan untuk mendorong negara-negara untuk mengadopsi-HDM 4:*

- HDM-4 didasarkan pada kerangka analisis ekonomi mapan.
- Model yang digunakan berasal dari percobaan lapangan skala besar dilakukan di seluruh dunia.
- Menyediakan kerangka kerja umum untuk analisis pilihan pengelolaan jalan.

Didukung oleh tim teknis internasional yang berada di belakang pembangunan dan pemeliharaan jalan.





# 6

## CONTOH HITUNGAN ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI

### 6.1 Analisis Data Penunjang

Perhitungan ketebalan lapisan perkerasan, baik dengan menggunakan teknologi daur ulang maupun secara konvensional atau biasa, menggunakan asumsi sebagai berikut:

- Kebutuhan semen untuk CTRB:  $1 \text{ m}^3$  sama dengan 144,04 kg (0,144 Ton) (Suaryana, 2008). Dengan berat jenis semen adalah  $3150 \text{ kg/m}^3$ .
- CESA pada tahun 2008 sampai 2013 adalah 58,86 juta. Untuk CESA yang selanjutnya dapat berubah sesuai dengan pertumbuhan kendaraan, khususnya di Jawa barat.
- Daftar harga satuan pekerjaan yang digunakan sebagai acuan perhitungan diambil dari data penelitian Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc tahun 2008.
- Nilai inflasi yang digunakan dalam perhitungan biaya pekerjaan atau *initial cost* ini diambil dari nilai inflasi rata-rata selama 5 tahun, pada tahun 2004 sampai 2009, yaitu sebesar 8,41%. Nilai inflasi tahun 2004 sampai 2009 dapat dilihat pada tabel di bawah berikut:

Tabel 6-1. Nilai Inflasi Tahun 2004 - 2009

Tahun	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Inflasi	7,56 %	18,51 %	6,15 %	5,10 %	11,11 %	2,02 %

Sumber: BPS, 2004 – 2009

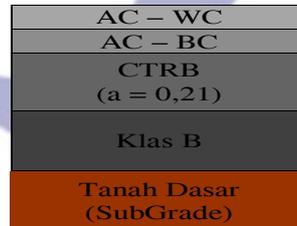
## 6.2 Analisis Ketebalan Lapisan Pekerasan

Analisis biaya pekerjaan (*Initial Cost*) ini dihitung berdasarkan data-data pekerjaan-pekerjaan daur ulang skala penuh teknologi daur ulang menggunakan CTRB, CMRFB dan kombinasi CTRB dan CMRFB oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan pada tahun 2006 sampai 2008. Analisis biaya pekerjaan ini dihitung dari perhitungan ketebalan masing-masing lapisan sehingga dapat dihitung biaya pekerjaan (*Initial Cost*) pada masing-masing pekerjaan daur ulang yang menggunakan teknologi daur ulang CTRB dan CMRFB.

Analisis ketebalan masing-masing lapisan pekerasan, baik yang menggunakan teknologi daur ulang perkerasan jalan maupun menggunakan teknologi konvensional (biasa), dapat dilihat pada halaman berikut.

### 6.2.1 Alternatif I (CTR/Cement Treated Recycling Base)

Alternatif I adalah pekerjaan daur ulang perkerasan jalan menggunakan teknologi daur ulang CTRB (*Cement Treated Recycling Base*).



Gambar 6-1. Lapisan Daur Ulang CTRB (*Cement Treated Recycling Base*)

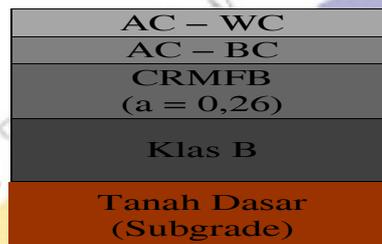
Hasil perhitungan ketebalan lapisan daur ulang CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 6-2. Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Daur Ulang CTRB (*Cement Treated Recycling Base*)**

CESA	Ketebalan
58.800.000,00 (SN=6,2)	AC-WC = 4 cm AC-BC = 6 cm CTR = 34 cm Klas B = 45 cm
123.500.089,47 (SN=6,7)	AC-WC = 5 cm AC-BC = 6,5 cm CTR = 38 cm Klas B = 45 cm
259.392.382,62 (SN=7,35)	AC-WC = 5 cm AC-BC = 7,5 cm CTR = 43,5 cm Klas B = 45 cm

### 6.2.2 Alternatif II (*CMRFB/Cement Mix Recycling Foam Bitumen*)

Alternatif II adalah pekerjaan daur ulang perkerasan jalan menggunakan teknologi daur ulang CMRFB (*Cement Mix Recycling Foam Bitumen*).



**Gambar 6-2. Lapisan Daur Ulang CMRFB (*Cement Mix Recycling Foam Bitumen*)**

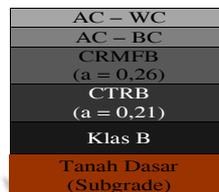
Hasil perhitungan ketebalan lapisan daur ulang CMRFB (*Cement Mix Recycling Foam Bitumen*) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 6-3. Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Daur Ulang CMRFB (Cement Mix Recycling Foam Bitumen)**

CESA	Ketebalan
58.800.000,00 (SN=6,2)	AC-WC = 4 cm AC-BC = 6 cm CMRFB = 27,5 cm Klas B = 45 cm
123.500.089,47 (SN=6,7)	AC-WC = 5 cm AC-BC = 6,5 cm CMRFB = 31 cm Klas B = 45 cm
259.392.382,62 (SN=7,35)	AC-WC = 5 cm AC-BC = 7,5 cm CMRFB = 35,2 cm Klas B = 45 cm

### 6.2.3 Alternatif III (CMRFB dan CTRB)

Alternatif III adalah pekerjaan daur ulang perkerasan jalan menggunakan gabungan teknologi daur ulang antara CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) dengan CMRFB (*Cement Mix Recycling Foam Bitumen*).



**Gambar 6-3. Lapisan Daur Ulang Gabungan CMRFB dan CTRB**

Hasil perhitungan ketebalan lapisan daur ulang CMRFB dan CTRB dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 6-4. Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Daur Ulang Gabungan CMRFB dan CTRB**

CESA	Ketebalan
58.800.000,00 (SN=6,2)	AC-WC = 4 cm AC-BC = 6 cm CMRFB = 16 cm CTRFB = 30 cm Klas B = 15 cm
123.500.089,47 (SN=6,7)	AC-WC = 5 cm AC-BC = 6,5 cm CMRFB = 19,5 cm

CESA	Ketebalan
	CTRB = 30 cm Klas B = 15 cm
259.392.382,62 (SN=7,35)	AC-WC = 5 cm AC-BC = 7,5 cm CMRFB = 21 cm CTRB = 34 cm Klas B = 15 cm

## 6.2.4 Alternatif IV (Konvensional/Biasa)

Alternatif IV adalah pekerjaan daur ulang perkerasan jalan menggunakan teknologi konvensional (biasa).

AC – WC
AC – BC
ATB
Klas A
Klas B
Tanah Dasar (Subgrade)

Gambar 6-4. Lapisan Perkerasan Konvensional / Biasa

Hasil perhitungan ketebalan lapisan perkerasan konvensional dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6-5. Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Perkerasan Konvensional/Biasa

CESA	Ketebalan
58.800.000,00 (SN=6,2)	AC-WC = 4 cm AC-BC = 6 cm ATB = 18 cm Klas A = 23 cm Klas B = 45 cm
123.500.089,47 (SN=6,81)	AC-WC = 5 cm AC-BC = 7 cm ATB = 18 cm Klas A = 28 cm Klas B = 45 cm
259.392.382,62 (SN=7,46)	AC-WC = 5 cm AC-BC = 7,5 cm ATB = 20 cm Klas A = 34,5 cm Klas B = 15 cm

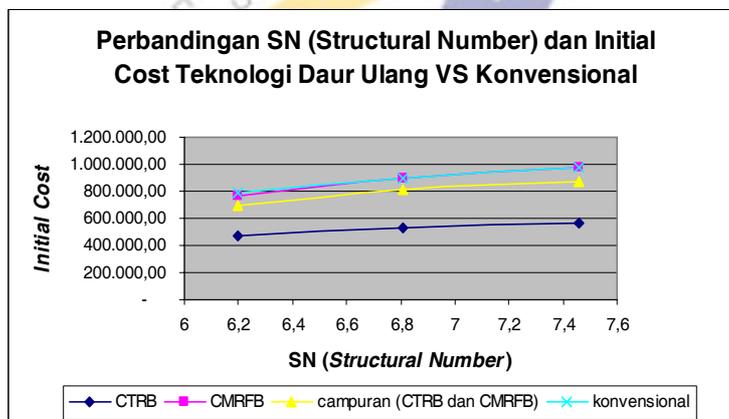
### 6.3 Analisis Biaya Pekerjaan (*Initial Cost*)

Setelah menghitung ketebalan masing-masing lapisan perkerasan, dilakukan perhitungan biaya pekerjaan (*Initial Cost*) dari alternatif teknologi daur ulang dan pekerjaan perkerasan lentur biasa atau konvensional. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Lampiran. Dibawah ini disajikan tabel hasil perhitungan biaya pekerjaan (*Initial Cost*) dari alternatif teknologi daur ulang dan pekerjaan perkerasan lentur biasa atau konvensional.

**Tabel 6-6. Hasil Perhitungan *Initial Cost* Alternatif Pekerjaan**

Tipe teknologi	Tahun		
	2008-2013	2013-2018	2018-2023
	SN = 6,2	SN = 6,81	SN = 7,46
Biaya Pekerjaan (Rp.) per item			
<b>CTRB</b>	465.293,49	525.410,23	559.141,61
<b>CMRFB</b>	769.784,58	898.358,46	981.203,81
<b>Campuran (CTRB dan CMRFB)</b>	691.244,64	813.214,62	866.019,82
<b>konvensional</b>	789.296,33	898.601,13	972.881,40

Sedangkan grafik perhitungan *initial cost* alternatif pekerjaan antara pekerjaan daur ulang yang menggunakan teknologi CTRB, CRMFB dan pekerjaan konvensional (biasa) dapat dilihat pada gambar grafik berikut.



**Gambar 6-5. Grafik Perbandingan SN (*Structural Number*) dan *Initial Cost***

Dari perhitungan yang telah dilakukan, dapat diasumsikan bahwa dengan *maintenance cost* atau biaya pemeliharaan jalan yang sama, ketebalan lapisan permukaan (AC-WC dan AC-BC) yang sama dan SN (*Structural Number*) yang sama pula, maka dari segi *initial cost* pada alternatif pekerjaan teknologi daur ulang dan konvensional (biasa) di atas yang disajikan dalam bentuk gambar grafik pada Gambar 6-5 dan Tabel 6-6 di atas, pekerjaan daur ulang perkerasan lentur jalan lebih murah dan ekonomis daripada pekerjaan konvensional (biasa) perkerasan lentur jalan. Kisaran harga yang lebih murah dan ekonomis dalam pekerjaan daur ulang perkerasan lentur jalan jika dibandingkan dengan teknologi konvensional (biasa) ini adalah antara Rp50.000,00 sampai Rp350.000,00 per *item* per m<sup>2</sup> pekerjaan. Hal ini, dapat disebabkan karena pekerjaan yang menggunakan teknologi daur ulang ini menggunakan agregat dan aspal dari RAP (*Recycling Asphalt Pavement*) dan dapat mengurangi penggunaan aspal sebesar 60% dan agregat sebesar 45% – 100% (Widajat, 2007).

Dari Tabel 6-6 di atas, dapat dilihat bahwa pekerjaan daur ulang perkerasan lentur jalan yang paling murah dari segi perhitungan *initial cost* pekerjaan adalah pekerjaan daur ulang perkerasan lentur jalan menggunakan teknologi CTRB (*Cement Treated Recycled Base*) jika dibandingkan dengan pekerjaan perkerasan lentur menggunakan teknologi daur ulang CMRFB dan kombinasi CMRFB dan CTRB. Hal ini disebabkan karena dalam pelaksanaan teknologi daur ulang CMRFB, pekerjaan menghasilkan aspal yang berbentuk *foam* atau buih menjadikan pekerjaan daur ulang yang menggunakan teknologi daur ulang CMRFB tersebut menjadi lebih mahal daripada pekerjaan perkerasan yang menggunakan teknologi daur ulang CTRB.

Selain faktor biaya pekerjaan atau *initial cost* tersebut, faktor lingkungan dari penggunaan teknologi daur ulang pada pekerjaan perkerasan lentur jalan ini dapat mencegah pemanasan global yang disebabkan oleh temperatur panas yang ditimbulkan dari pekerjaan campuran beraspal di AMP (*Asphalt Mixing Plant*). Faktor lingkungan ini adalah faktor yang

mempengaruhi selama pekerjaan dimulai sampai pekerjaan selesai dan setelah pekerjaan itu selesai, dan dapat juga berpengaruh pada perekonomian setelah jalan itu selesai dikerjakan.

Selain dari perhitungan biaya pekerjaan atau *initial cost* tersebut, juga harus memperhitungkan mengenai faktor-faktor lainnya yang menentukan nilai efektif dan efisien pada perbandingan pekerjaan teknologi daur ulang dengan pekerjaan konvensional.

Faktor-faktor tersebut dapat berupa sebagai berikut:

- a. faktor biaya operasional kendaraan
- b. faktor biaya waktu perjalanan
- c. faktor biaya kecelakaan
- d. biaya-biaya yang lain

## **6.4 Analisis Biaya Pemeliharaan (*Maintenance Cost*)**

### **6.4.1 Data LHR (Lalulintas Harian Rata-Rata)**

Data LHR (Lalulintas Harian Rata-rata) ini diperoleh dari instansi terkait, yaitu P2JJ Jawa Barat, pada tahun 2008, 2009 dan 2010. Data LHR ini disajikan dalam data IRMS Bina Marga. Dari data LHR yang diperoleh, menunjukkan peningkatan jumlah LHR dari tahun ke tahun (2008 – 2010). Data LHR dapat dilihat dalam Lampiran.

### **6.4.2 Data Kondisi Jalan**

Data kondisi jalan (perkerasan lentur) yang sudah diperoleh adalah data kondisi jalan dari survei monitoring dan evaluasi pada tahun 2008, 2009 dan 2010. Data ini mencakup data kondisi jalan pada ruas jalan Pantura Jawa Barat, khususnya pada ruas proyek uji coba skala penuh daur ulang

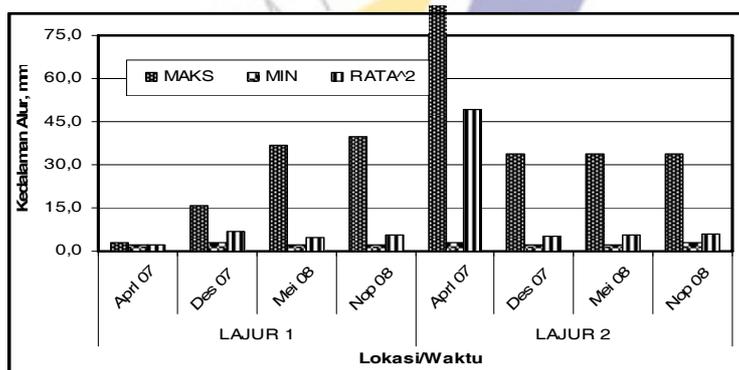
(recycling) Puslitbang Jalan dan Jembatan. Selain itu, data kondisi jalan yang diperoleh dari instansi terkait (P2JJ Jawa Barat) pada tahun 2008, 2009, dan 2010.

1. Pada tahun 2006, terdapat pekerjaan uji coba skala penuh pada ruas Jatibarang Palimanan di Pantura arah Jatibarang, yaitu pekerjaan *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) dan lapis permukaannya terdiri atas AC-BC dan AC-WC dengan menggunakan Aspal Polimer. Data kinerja perkerasan ini berdasarkan hasil monitoring selama 2 (dua) tahun. Data kondisi jalan ini mencakup data kedalaman alur, data kerusakan jalan, data IRI.

**Tabel 6-7. Kedalaman alur perkerasan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang Palimanan, arah Jatibarang**

No.	Waktu Pelaksanaan	Kedalaman Alur (mm)					
		Lajur 1(lambat)			Lajur 2(cepat)		
		Maks	Min	Rata^2	Maks	Min	Rata^2
1	* April 07	3,0	2,0	2,4	200,0	3,0	49,4
2	* Des 07	16,0	3,0	6,9	34,0	2,0	5,3
3	* Mei 08	37,0	2,0	4,8	34,0	2,0	5,5
4	* Nop 08	40,0	2,0	5,6	34,0	3,0	6,2
5	Mei 09	60,0	3,0	18,0	60,0	4,0	15,0

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009



Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009

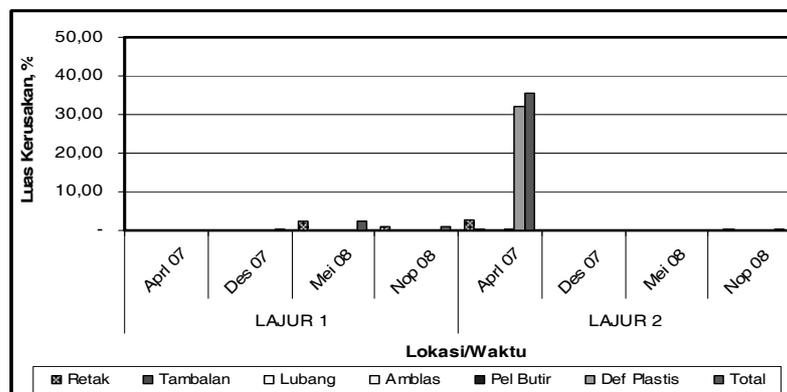
**Gambar 6-6. Kedalaman alur perkerasan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang Palimanan, arah Jatibarang**

Pada Tabel 6-7 dan Gambar 6-6, menunjukkan perkembangan kerusakan alur yang diakibatkan oleh beban lalu-lintas yang cukup besar.

**Tabel 6-8. Jenis dan kuantitas kerusakan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang Palimanan, arah Jatibarang**

Jenis Kerusakan	Luas Kerusakan (m <sup>2</sup> )									
	Lajur 1 (lambat)					Lajur 2 (cepat)				
	April 07	Des 07	Mei 08	Nop 08	Mei 09	April 07	Des 07	Mei 08	Nop 08	Mei 09
* Retak	-	1,65	90,00	34,20	153,7	100,00	-	-	4,00	14,0
* Tambalan	-	1,54	2,00	4,00	29,5	7,68	-	-	13,00	45,0
* Lubang	-	-	-	0,20	0,4	2,25	-	-	0,08	-
* Amblas	-	3,10	-	-	-	2,25	-	-	-	2,0
* Pel Butir	-	0,10	-	-	-	14,00	-	-	-	0,0
* Def Plastis	-	-	-	-	-	1120,0	-	1,00	-	0,0
* Total	-	6,39	92,00	38,40	183,6 m <sup>2</sup> =5%	1246,2	-	1,00	17,08	64,0 m <sup>2</sup> =1.7%

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009



Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009

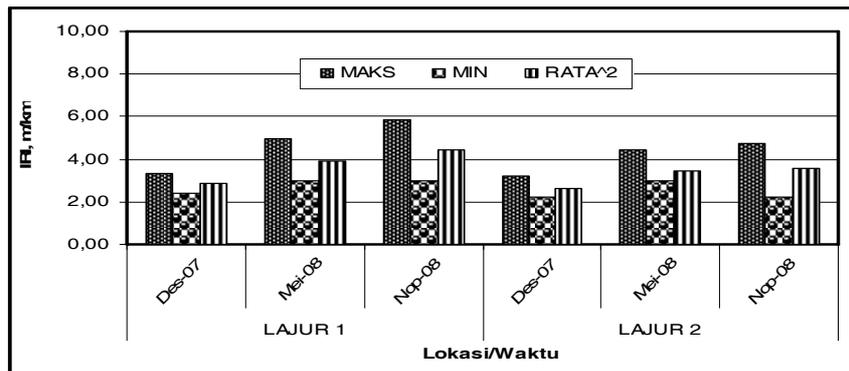
**Gambar 6-7. Presentase kerusakan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang – Palimanan, arah Jatibarang tahun sebelumnya.**

Tabel 6-8 dan Gambar 6-7 menunjukkan perkembangan kuantitas kerusakan yang terjadi sampai dengan Mei 2009, selain tambalan kerusakan yang terjadi umumnya retak.

**Tabel 6-9. Data Ketidakrataan Perkerasan Lokasi Uji Coba CTRB ruas Jatibarang – Palimanan, arah Jatibarang**

Lokasi/Waktu	IRI (m/km)					
	Lajur 1			Lajur 2		
	Maks	Min	Rata^2	Maks	Min	Rata^2
* Des 07	3,32	2,42	2,84	3,21	2,20	2,61
* Mei 08	5,58	2,81	3,63	8,65	2,93	4,36
* Nop 08	9,08	2,60	3,48	6,56	2,60	3,97
* Mei 09	5,72	3,79	4,63	5,88	3,07	4,15

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009



Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009

**Gambar 6-8. Nilai Ketidakrataan perkerasan uji coba CTRB ruas Jatibarang – Palimanan, arah Jatibarang tahun sebelumnya**

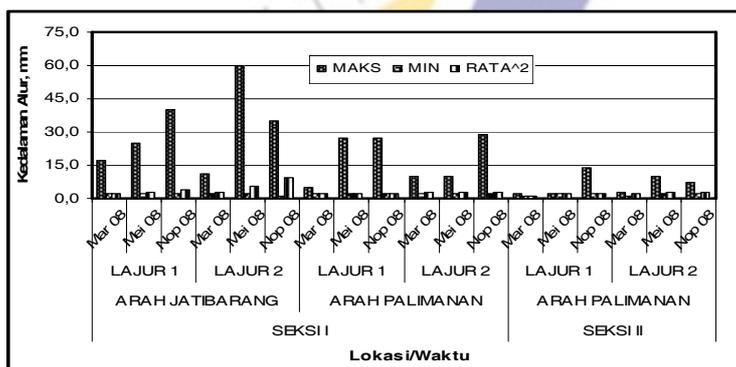
Tabel 6-9 dan Gambar 6-8 menunjukkan perkembangan nilai IRI lokasi uji coba umumnya naik dibandingkan tahun sebelumnya hal ini mengindikasikan bahwa kondisi perkerasan mengalami perubahan yang cukup cepat akibat beban lalu lintas.

2. Pada tahun 2007, terdapat pekerjaan uji coba skala penuh pada ruas Jatibarang Palimanan di Pantura arah Jatibarang dan arah Palimanan, yaitu pekerjaan *Foam Bitumen* dengan CTRB. Data kondisi jalan ini mencakup data kedalaman alur, data kerusakan jalan, data IRI.

**Tabel 6-10. Kedalaman alur lokasi uji coba uji coba teknologi recycling di ruas Jatibarang-Palimanan**

No.	Lokasi/Waktu	Kedalaman Alur (mm)					
		Lajur 1			Lajur 2		
		Maks	Min	Rata^2	Maks	Min	Rata^2
1	Arah Jatibarang						
	Seksi I (27+800- 31+100)						
	* Mar 08	17,0	2,0	2,3	11,0	2,0	2,8
	* Mei 08	25,0	2,0	2,7	60,0	2,0	5,4
	* Nop 08	40,0	2,0	3,7	35,0	1,0	9,2
	* Mei 09	40,0	3,0	6,0	40,0	2,0	13
2	Arah Palimanan						
	Seksi I (27+800- 31+100)						
	* Mar 08	5,0	2,0	2,0	10,0	2,0	2,8
	* Mei 08	27,0	2,0	2,1	10,0	2,0	3,0
	* Nop 08	27,0	2,0	2,1	29,0	2,0	3,0
	* Mei 09	20,0	2,0	6,0	45,0	2,0	7,0
	Seksi II (33+100-34+100)						
	* Mar 08	2,0	1,0	1,1	3,0	1,0	2,0
	* Mei 08	2,0	2,0	2,0	10,0	2,0	2,7
	* Nop 08	14,0	2,0	2,1	7,0	2,0	2,6
	* Mei 09	20,0	2,0	3,0	40,0	3,0	4,0

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009



Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009

**Gambar 6-9. Kedalaman alur lokasi uji coba uji coba teknologi recycling di ruas Jatibarang Palimanan observasi tahun sebelumnya**

**Tabel 6-11. Jenis dan kuantitas kerusakan lokasi uji coba uji coba teknologi *recycling* di ruas Jatibarang Palimanan**

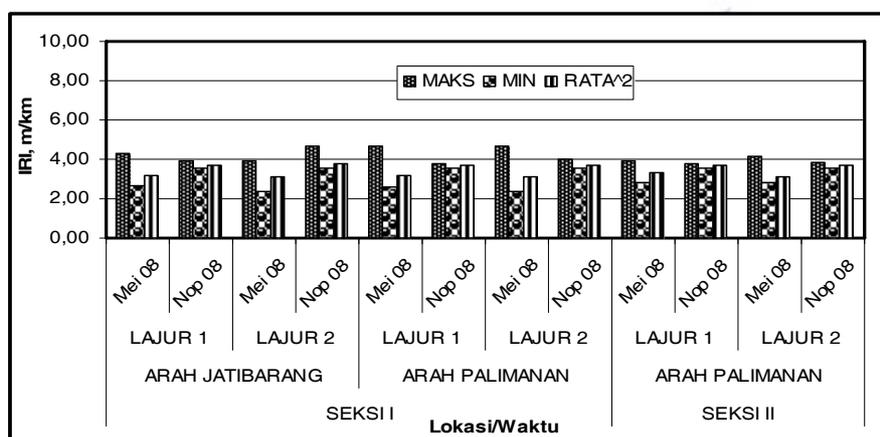
No	Waktu Pelaksanaan	Luas Kerusakan (m <sup>2</sup> )					
		Seksi I 27+800- 31+100				Seksi II 33+100-34+100	
		Arah Jatibarang		Arah Palimanan		Arah Palimanan	
		L1 (lbt)	L2 (cpt)	L1 (lbt)	L2 (cpt)	L1 (lbt)	L2 (cpt)
1	Mar 08						
	- Retak	18,00	0,54	4,80	0,48	0,60	-
	- Tambalan	3,00	-	-	6,50	1,00	-
	- Lubang	-	0,40	-	0,30	-	-
	- Amblas	-	-	-	-	-	-
	- Pel Butir	-	-	-	-	-	-
	- Def Plastis	-	-	-	-	-	-
	- Total	21,00	0,94	4,80	7,28	1,60	-
2	*Mei 08						
	- Retak	6,60	1,20	1,60	0,20	-	-
	- Tambalan	5,00	2,50	3,00	-	1,00	-
	- Lubang	-	0,30	-	-	-	0,20
	- Amblas	2,00	-	-	-	-	-
	- Pel Butir	-	-	-	-	-	-
	- Def Plastis	1,00	8,00	-	-	-	-
	- Total	14,60	12,00	4,60	0,20	1,00	0,20
3	Nop 08						
	- Retak	8,00	0,85	0,20	2,03	0,40	-
	- Tambalan	12,00	60,00	5,00	2,56	-	0,50
	- Lubang	-	0,20	-	6,04	-	-
	- Amblas	3,00	10,00	-	4,00	-	-
	- Pel Butir	-	-	-	-	-	-
	- Def Plastis	-	-	-	-	-	-
	- Total	23,00	71,05	5,20	14,63	0,40	0,50
4	Mei 2009						
	- Retak	22,10	39,00	4,0	11,00	10,20	1,00
	- Tambalan	81,20	342,00	9,10	145,00	6,20	2,00
	- Lubang	0,20	-	14,00	3,00	-	-
	- Amblas	2,50	-	-	12,00	-	-
	- Pel Butir	-	0,00	-	-	0,10	4,00
	- Def Plastis	-	-	-	-	-	-
	- Total	106,00	392,20	27,10	178,00	16,50	10,00

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009

**Tabel 6-12. Data Ketidakrataan Perkerasan uji coba uji coba teknologi recycling ruas Jatibarang Palimanan, arah Jatibarang**

No.	Lokasi/Waktu	IRI (m/km)					
		Lajur 1			Lajur 2		
		Maks	Min	Rata^2	Maks	Min	Rata^2
1	Arah Jatibarang 27.800-31.100						
	Seksi I						
	* Mei 08	4,27	2,63	3,22	3,90	2,37	3,14
	* Nop 08	3,90	3,59	3,73	4,66	3,59	3,78
	* Mei 09	9,27	2,89	4,13	7,34	2,89	4,36
2	Arah Palimanan 27.800-31.100						
	Seksi I						
	* Mei 08	4,63	2,62	3,15	4,63	2,39	3,12
	* Nop 08	3,78	3,59	3,68	3,97	3,59	3,70
	* Mei 09	4,86	2,85	3,36	6,43	3,07	3,70
	Seksi II 33.100-34.100						
	* Mei 08	3,90	2,81	3,32	4,17	2,81	3,15
	* Nop 08	3,78	3,59	3,69	3,84	3,59	3,67
	* Mei 09	4,07	3,07	3,40	3,97	2,89	3,36

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009



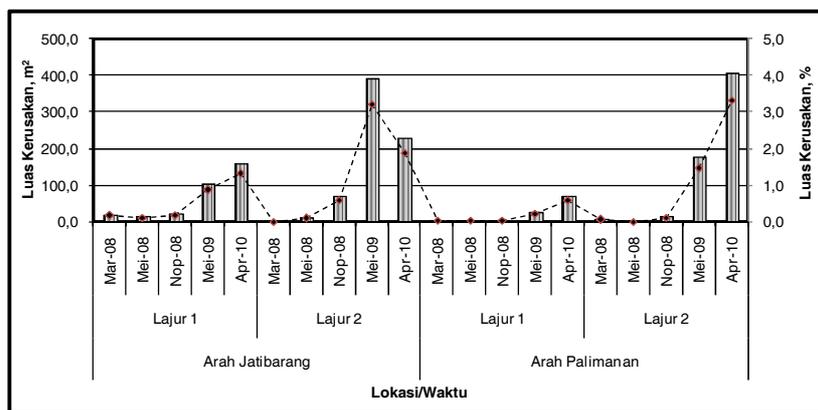
Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009

**Gambar 6-10. Nilai Ketidakrataan lokasi uji coba uji coba teknologi recycling di ruas Jatibarang Palimanan tahun sebelumnya**

**Tabel 6-13. Data kondisi dan ketidakrataan permukaan perkerasan arah Palimanan - Jatibarang**

No.	Ruas	Pelaksanaan / Umur	Kuantitas		Ketidakrataan, IRI		
			m <sup>2</sup>	%	Maks	Min	Rata <sup>2</sup>
1.	Palimanan-Jatibarang (Km. 27+800 – Km. 31+100)	Thn 2007					
	– Arah Jatibarang						
	• Lajur Lambat						
	➤ Mar-08		21,00	0,17	-	-	-
	➤ Mei-08		14,60	0,12	4,27	2,63	3,22
	➤ Nop-08		23,00	0,19	3,90	3,59	3,73
	➤ Mei-09		106,00	0,87	9,27	2,89	4,13
	➤ April-10		159,70	1,31	13,18	2,58	5,30
	• Lajur Cepat						
	➤ Mar-08		0,94	0,01	-	-	-
	➤ Mei-08		12,00	0,10	3,90	2,37	3,14
	➤ Nop-08		71,05	0,58	4,66	3,59	3,78
	➤ Mei-09		392,16	3,21	7,34	2,89	4,36
	➤ April-10		229,30	1,88	13,57	2,76	5,89
	– Arah Palimanan						
	• Lajur Lambat						
	➤ Mar-08		4,80	0,04	-	-	-
	➤ Mei-08		4,60	0,04	4,63	2,62	3,15
	➤ Nop-08		5,20	0,04	3,78	3,59	3,68
	➤ Mei-09		27,05	0,22	4,86	2,85	3,36
	➤ April-10		72,10	0,59	6,69	2,44	3,37
	• Lajur Cepat						
	➤ Mar-08		7,28	0,06	-	-	-
	➤ Mei-08		0,20	0,00	4,63	2,39	3,12
	➤ Nop-08		14,63	0,12	3,97	3,59	3,70
	➤ Mei-09		178,00	1,46	7,00	2,85	3,94
	➤ April-10		407,34	3,34	7,21	2,55	3,86

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2010



Gambar 6-11. Kuantitas kerusakan perkerasan pada lokasi ruas jalan Palimanan-Jatibarang (CMRFB in plant)

3. Pada tahun 2008, terdapat pekerjaan uji coba skala penuh pada ruas Cirebon-Losari di Pantura, yaitu pekerjaan HMRA. Data kondisi jalan disajikan pada tabel dibawah antara lain: mencakup data kedalaman alur, data kerusakan jalan, data IRI.

Tabel 6-14. Kedalaman alur lokasi uji coba uji coba teknologi *recycling* di ruas Cirebon – Losari sta 26+500-30+000

No.	Lokasi/Waktu	Kedalaman Alur (mm)					
		Lajur 1			Lajur 2		
		Maks	Min	Rata <sup>2</sup>	Maks	Min	Rata <sup>2</sup>
1	Arah Losari Seksi I * Mei 09	22,0	2,0	4,0	30,0	2,0	5,0
2	Arah Cirebon Seksi I * Mei 09	10,0	2,0	3,0	21,0	3,0	7,0

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009

Tabel 6-15. Jenis dan kuantitas kerusakan lokasi uji coba uji coba teknologi *recycling* di ruas Cirebon-Losari

No.	Waktu Pelaksanaan	Arah Losari		Arah Cirebon	
		L1(lbt)	L2(cpt)	L1(lbt)	L2(cpt)
1	Mei 2009				
	- Retak	1,0	19,0	0,2	1,0
	- Tambalan	-	-	1,0	-

No.	Waktu Pelaksanaan	Arah Losari		Arah Cirebon	
		L1(lbt)	L2(cpt)	L1(lbt)	L2(cpt)
	- Lubang	-	-	0,1	-
	- Ambblas	-	6,0	-	1,0
	- Pel Butir	-	-	-	-
	- Def Plastis	-	-	-	-
	- Total	1,0	25,4	1,3	2,0

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009

**Tabel 6-16. Data Ketidakrataan Perkerasan uji coba uji coba teknologi recycling ruas Losari - Cirebon**

No.	Lokasi/Waktu	IRI (m/km)					
		Lajur 1			Lajur 2		
		Maks	Min	Rata^2	Maks	Min	Rata^2
1	Arah Cirebon 26.500-28.500						
	* Mei 09	3,97	3,07	3,45	3,97	3,24	3,53
2	Arah Losari 26.500-30.000						
	* Mei 09	4,13	3,07	3,46	4,15	2,72	3,36

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2009

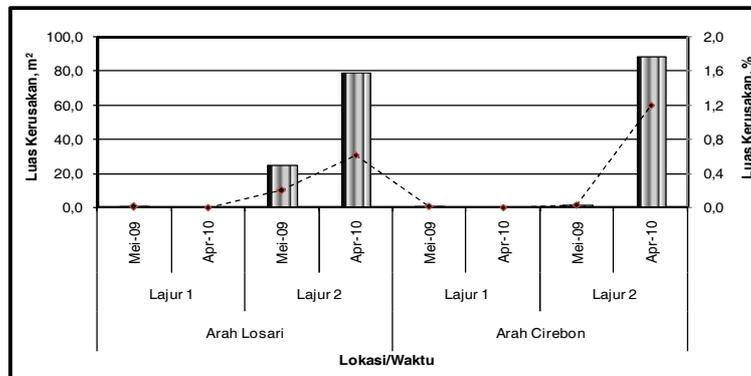
Untuk monitoring dan evaluasi tahun 2010, dapat dilihat pada tabel di bawah.

**Tabel 6-17. Data kondisi dan ketidakrataan permukaan perkerasan arah Losari - Cirebon**

No.	Ruas	Pelaksanaan / Umur	Kuantitas Kerusakan		Ketidakrataan, IRI (m/km)			
			m <sup>2</sup>	%	Maks	Min	Rata <sup>2</sup>	
1.	Cirebon-Losari (Km. 25+600 – Km. 30+000) – Arah Losari	Thn 2008						
			• Lajur Lambat					
			➢ Mei-09	1,00	0,01	4,13	3,07	3,46
			➢ April-10	0,00	0,00	3,98	2,65	3,05
			• Lajur Cepat					
			➢ Mei-09	25,41	0,20	4,15	2,72	3,36
			➢ April-10	79,00	0,61	5,52	2,65	3,43
			– Arah Cirebon					
• Lajur Lambat								
➢ Mei-09	1,29	0,02	3,97	3,07	3,45			
➢ April-10	0,20	0,00	4,40	2,61	3,03			

No.	Ruas	Pelaksanaan / Umur	Kuantitas Kerusakan		Ketidakrataan, IRI (m/km)		
			m <sup>2</sup>	%	Maks	Min	Rata <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lajur Cepat</li> <li>➤ Mei-09</li> <li>➤ April-10</li> </ul>		2,00	0,03	4,13	3,07	3,57
			89,00	1,20	6,06	2,90	3,66

Sumber: Laporan Monitoring dan Evaluasi, 2010



Gambar 6-12. Kuantitas kerusakan perkerasan pada lokasi ruas jalan Cirebon-Losari (HMRA dan CMRFB in plant)

### 6.4.3 Data Harga Satuan Pekerjaan Pemeliharaan Jalan

Data harga satuan pekerjaan diperoleh dari data-data instansi pada tahun 2008, 2009 dan 2010. Instansi yang terkait adalah P2JJ Jawa Barat. Data satuan pekerjaan ini mencakup analisis harga pekerjaan *Foam Bitumen*, CTRB dan HMRA, serta harga satuan pekerjaan perkerasan lentur yang lainnya. Harga satuan pekerjaan mengalami penambahan dari tahun ke tahun, tergantung dengan harga upah, bahan dan alat yang digunakan dalam pekerjaan yang bersangkutan.

#### 6.4.4 Foto Kerusakan Jalan

Foto kerusakan ini diambil saat survei di Pantura menuju ke arah perbatasan Jawa Barat – Jawa Tengah. Foto-foto dokumentasi survei adalah sebagai berikut:



Gambar 6-13. Jalan Ambblas

**Ambblas:** beban kendaraan yang melebihi apa yang direncanakan, pelaksanaan kurang baik, atau penurunan bagian perkerasan dikarenakan tanah dasar mengalami penurunan

**Jenis perbaikan:** dapat menggunakan lapen, laston, laston ataupun apabila ambal berat dapat dibongkar dan dilapis kembali dengan lapis yang sesuai



Gambar 6-14. Jalan Stripping

**Stripping:** disebabkan oleh karena kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis bawahnya atau terlalu tipisnya lapis permukaan.

**Jenis perbaikan:** dengan cara digaruk, diratakan dan dipadatkan, setelah itu dilapis dengan buras.



Gambar 6-15. Jalan Retak

**Retak Kulit Buaya Berat:** disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil, atau bahan lapis pondasi dalam keadaan jenuh air.



Gambar 6-16. Jalan Keriting

**Jenis perbaikan:** pemeliharaan dapat digunakan burtu, burda ataupun lataston, atau dibongkar sampai lapis pondasi dan tanah dasar, kemudian dilapis kembali dengan bahan yang sesuai, dengan disertai perbaikan drainase

**Keriting (*corrugation*):** disebabkan oleh rendahnya stabilitas campuran yang berasal dari terlalu tingginya kadar aspal, terlalu banyak menggunakan agregat halus, agregat bulat dan licin, dan terjadi juga jika lalulintas yang dibuka sebelum perkerasan mantab, dapat juga terjadi akibat kendaraan yang sering berhenti, kelandaian curam dan tikungan tajam.

**Jenis perbaikan:** dilakukan dengan cara digaruk kembali dan dicampur dengan lapis pondasi, dipadatkan dan diberi lapis perkerasan baru.



Gambar 6-17. Jalan Alur

**Alur (*rutting*):** disebabkan oleh lapis perkerasan yang kurang padat, dengan demikian terjadi penambahan pemadatan akibat repetisi beban lalu lintas pada lintasan roda, campuran aspal dengan stabilitas rendah juga dapat menimbulkan deformasi plastis.

**Jenis perbaikan:** dapat dilakukan dengan cara digaruk, dipadatkan dan member lapis perkerasan baru ataupun dapat juga dengan cara memberi lapisan tambahan yang sesuai.

## 6.5 Data Survei Kondisi Jalan (PCS)

Data survei lapangan kondisi jalan (PCS) yang dilaksanakan tahun 2011, bertempat di lokasi pekerjaan uji coba skala penuh daur ulang Pusjatan, yaitu CMRFB (2007) dan HMRA (2008), dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6-18. Data kondisi jalan ruas Palimanan – Jatibarang (Pelaksanaan Uji Skala Penuh 2007)

No.	Ruas	Pelaksanaan / Umur	Kuantitas Kerusakan	
			m <sup>2</sup>	%
1.	Palimanan-Jatibarang (Km. 28+000 – Km. 29+245)	Thn 2007		
	– Arah Cirebon			
	• Lajur Lambat		42,45	0,94
	• Lajur Cepat		28,20	0,63
	– Arah Jakarta			
	• Lajur Lambat		43,09	1,93
	• Lajur Cepat		63,00	2,82

**Tabel 6-19. Data kondisi jalan ruas Losari - Cirebon (Pelaksanaan Uji Skala Penuh tahun 2008)**

No	Ruas	Pelaksanaan / Umur	Kuantitas Kerusakan	
			m <sup>2</sup>	%
1.	Losari – Cirebon (Km. 26+500 – Km. 30+000)	Thn 2008		
	– Arah Cirebon			
	• Lajur Lambat		9,10	0,13
	• Lajur Cepat		154,1	2,20
	– Arah Losari			
• Lajur Lambat	54,04	0,41		
• Lajur Cepat	268,6	2,11		

Selain data kondisi jalan pada uji skala penuh daur ulang Pusjatan tahun 2007 dan 2008, diperlukan juga data kondisi jalan konvensional, yang diambil di jalur atau ruas yang sama dengan ruas jalan uji skala penuh tersebut

**Tabel 6-20. Data kondisi jalan ruas Palimanan – Jatibarang (konvensional)**

No	Ruas	Pelaksanaan / Umur	Kuantitas Kerusakan	
			m <sup>2</sup>	%
1.	Palimanan-Jatibarang (Km. 31+030 – Km. 32+000)	Thn 2008		
	– Arah Cirebon			
	• Lajur Lambat		0,80	0,02
	• Lajur Cepat		0,00	0,00
	– Arah Jakarta			
• Lajur Lambat	31,90	0,89		
• Lajur Cepat	18,30	0,51		

**Tabel 6-21. Data kondisi jalan ruas Losari – Cirebon (konvensional)**

No.	Ruas	Pelaksanaan / Umur	Kuantitas Kerusakan	
			m <sup>2</sup>	%
1.	Losari - Cirebon (Km. 25+500 – Km. 26+500)	Thn 2009		
	– Arah Cirebon			
	• Lajur Lambat		16,8	0,47
	• Lajur Cepat		78,3	2,20
	– Arah Jakarta			
• Lajur Lambat	2,50	0,07		
• Lajur Cepat	9,20	0,26		

Data kondisi jalan yang terdapat pada ruas Palimanan – Jatibarang, menunjukkan bahwa perkerasan jalan non-daur ulang/konvensional

memiliki jumlah kerusakan jalannya lebih sedikit dari pada perkerasan jalan daur ulang uji skala penuh tahun 2007 pada ruas jalan tersebut. Selain data kondisi jalan pada ruas Palimanan – Jatibarang tersebut, disajikan juga data kondisi jalan pada ruas Losari – Cirebon. Dalam data kondisi jalan pada ruas ini, menunjukkan bahwa perkerasan jalan non-daur ulang memiliki jumlah kerusakan jalan yang lebih sedikit dari pada perkerasan jalan daur ulang uji skala penuh tahun 2008 pada ruas jalan tersebut.

## 6.6 Data Harga Satuan Penanganan Jalan

Data harga satuan penanganan jalan ini diperoleh dari Pemerintah Provinsi Jawa Barat TA 2011. Data harga satuan ini dapat dilihat pada Tabel di bawah.

**Tabel 6-22. Data Harga Satuan Penanganan Jalan**

Lebar Perkerasan	Pemeliharaan Rutin		Rehabilitasi		Rekonstruksi/ Peningkatan	
	Hotmix	Lapen	Hotmix	Lapen	Hotmix	Lapen
3,50	48.571.000	40.186.000	1.054.927.000	744.386.000	1.800.186.000	877.394.000
4,00	50.968.000	41.507.000	1.158.317.000	805.688.000	2.003.949.000	961.743.000
4,50	53.365.000	42.828.000	1.261.707.000	866.989.000	2.207.727.000	1.046.093.000
5,00	55.763.000	44.149.000	1.365.096.000	928.290.000	2.411.490.000	1.130.442.000
5,50	58.160.000	45.470.000	1.468.486.000	989.592.000	2.615.268.000	1.214.791.000
6,00	60.557.000	46.791.000	1.571.876.000	1.050.893.000	2.819.031.000	1.299.141.000
6,50	62.954.000	48.112.000	1.675.266.000	1.112.195.000	3.022.809.000	1.383.490.000
7,00	65.351.000	49.433.000	1.778.656.000	1.173.496.000	3.226.572.000	1.467.840.000

Pemeliharaan jalan adalah penanganan jalan yang meliputi perawatan, rehabilitasi, penunjangan, dan peningkatan (PP 26 tahun 1985). Pemeliharaan rutin adalah penanganan yang diberikan hanya terhadap lapis permukaan yang sifatnya untuk meningkatkan kualitas berkendara, tanpa meningkatkan kekuatan struktural, dan dilakukan sepanjang tahun. Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui kisaran biaya untuk pemeliharaan rutin jalan hotmix dan lapen dengan lebar jalan antara 3,5 m sampai 7 m. Pemeliharaan berkala (rehabilitasi) adalah pemeliharaan yang dilakukan terhadap jalan pada waktu-waktu tertentu (tidak menerus sepanjang tahun) dan sifatnya meningkatkan kemampuan struktural. Dari

tabel di atas, dapat diketahui perkiraan alokasi dana untuk pemeliharaan berkala jalan *hotmix* dan lapen. Peningkatan (rekonstruksi) adalah penanganan jalan guna memperbaiki pelayanan jalan yang berupa peningkatan struktural dan atau geometriknya agar mencapai tingkat pelayanan yang direncanakan. Rekonstruksi membutuhkan alokasi dana yang paling besar dibandingkan jenis pemeliharaan lain karena dikarenakan pada kegiatan ini jalan akan dibongkar sampai lapisan paling bawah dan dibangun ulang, sedangkan pada pemerihan rutin maupun berkala tidak perlu diperlukan perbaikan sampai lapisan dalam.

Selain data harga satuan pemeliharaan pada Tabel 6-22, terdapat juga data persatuan pekerjaan pemeliharaan/penanganan jalan pada tahun 2010. Data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 6-23. Harga Satuan Pemeliharaan Jalan (persatuan jenis pekerjaan)**

NO.	Jenis Pekerjaan (Lapis Permukaan)	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Tack Coat	ltr	10.500,00
2	Shand Sheet	m <sup>2</sup>	26.700,00
3	Patching	m <sup>2</sup>	90.000,00
4	Slurry Seal	m <sup>2</sup>	33.000,00

## 6.7 Analisis Harga Satuan Pemeliharaan

Berdasarkan dari survei lapangan dan survei data sekunder instansi terkait, jenis pemeliharaan yang dilakukan sebagian besar adalah *patching/* penambalan. Dari keterangan atau informasi tersebut, dapat dihitung biaya atau harga satuan pekerjaan pemeliharaan jalan baik perkerasan jalan daur ulang pada tabel berikut.

**Tabel 6-24. Analisis Biaya Pemeliharaan Jalan Ruas Palimanan – Jatibarang (Pelaksanaan Uji Skala Penuh tahun 2007)**

No.	Ruas	Kuantitas kerusakan (m <sup>2</sup> )	Biaya Pemeliharaan (Rp)
1	Palimanan – Jatibarang (Km 28+000 – Km 29+245)		
	– Arah Cirebon		
	• Lajur Lambat	42,45	3.820.500,00

No.	Ruas	Kuantitas kerusakan (m <sup>2</sup> )	Biaya Pemeliharaan (Rp)
	• Lajur Cepat	28,20	2.538.000,00
	– Arah Jakarta		
	• Lajur Lambat	43,09	3.878.100,00
	• Lajur Cepat	63,00	5.670.000,00
		Total Biaya	15.906.600,00

**Tabel 6-25. Analisis Biaya Pemeliharaan Jalan Ruas Losari - Cirebon (Pelaksanaan Uji Skala Penuh tahun 2008)**

No.	Ruas	Kuantitas kerusakan (m <sup>2</sup> )	Biaya Pemeliharaan (Rp)
1	Losari - Cirebon (Km 26+500 – Km 30+000)		
	– Arah Cirebon		
	• Lajur Lambat	9,10	819.000,00
	• Lajur Cepat	154,1	13.869.000,00
	– Arah Losari		
	• Lajur Lambat	54,04	4.863.600,00
	• Lajur Cepat	268,6	24.174.000,00
		Total Biaya	43.725.600,00

Sedangkan analisis biaya pemeliharaan untuk perkerasan jalan konvensional, dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 6-26. Analisis Biaya Pemeliharaan Jalan Ruas Palimanan – Jatibarang (perkerasan jalan konvensional tahun 2008)**

No.	Ruas	Tahun	Kuantitas kerusakan	Biaya Pemeliharaan
1	Palimanan – Jatibarang (Km 31+030 – Km 32+000)	2008		
	– Arah Cirebon			
	• Lajur Lambat		0,8	72.000,00
	• Lajur Cepat		0,00	0
	– Arah Jakarta			
	• Lajur Lambat		31,90	2.871.000,00
	• Lajur Cepat		18,30	1.647.000,00
			Total Biaya	4.590.000,00

**Tabel 6-27. Analisis Biaya Pemeliharaan Jalan Ruas Losari - Cirebon (perkerasan jalan konvensional tahun 2009)**

No.	Ruas	Tahun	Kuantitas kerusakan	Biaya Pemeliharaan
1	Losari - Cirebon (Km 25+500 – Km 26+500)	2009		
	– Arah Cirebon			
	• Lajur Lambat		16,8	1.512.000,00

No.	Ruas	Tahun	Kuantitas kerusakan	Biaya Pemeliharaan
	• Lajur Cepat		78,3	7.047.000,00
	– Arah Jakarta			
	• Lajur Lambat		2,5	225.000,00
	• Lajur Cepat		9,2	828.000,00
			Total Biaya	9.612.000,00

Tabel analisis biaya pemeliharaan baik pada perkerasan jalan daur ulang maupun konvensional menunjukkan biaya pemeliharaan perkerasan jalan daur ulang jauh lebih besar dari pada biaya pemeliharaan perkerasan jalan konvensional. Hal ini disebabkan mungkin perbedaan tahun pembuatan dan panjang jalannya. Perkerasan jalan konvensional yang di survei, mungkin sudah pernah ada pemeliharaan atau perbaikan jalan, sehingga kondisi jalan menunjukkan angka yang kecil.

Faktor-faktor yang mempengaruhi biaya pemeliharaan salah satunya adalah panjang jalan, lebar jalan dan kondisi jalan tersebut. Kondisi jalan dipengaruhi oleh umur daripada perkerasan jalan itu sendiri, semakin lama umur perkerasan jalan semakin kurang kondisinya. Umur rencana daur ulang perkerasan lentur jalan adalah sekitar 3 tahun, dan umur rencana perkerasan lentur konvensional adalah sekitar 5 tahun, sehingga apabila dibandingkan secara umur, jenis perkerasan lentur konvensional jauh lebih tahan lama, tetapi tergantung juga dari standar pekerjaan di lapangan.

Perhitungan analisis kelayakan perkerasan lentur jalan secara finansial menggunakan asumsi *benefit* (keuntungan) dari jalan adalah sama, maka secara kelayakan finansial perkerasan jalan dengan daur ulang kurang layak untuk dikerjakan. Tetapi jika *benefit* (keuntungan) tidak sama, maka dimungkinkan bahwa perkerasan jalan dengan menggunakan teknologi daur ulang ini jauh lebih layak dilaksanakan. Hal ini disebabkan adanya penggunaan aspal yang lebih sedikit daripada perkerasan jalan konvensional, serta faktor lingkungan, asap atau polusi dari unit pencampur campuran beraspal daur ulang yang ramah lingkungan, membuat pekerjaan perkerasan jalan teknologi daur ulang ini menjadi layak untuk dikembangkan.

## 6.8 Penutup atau Kesimpulan

Dari perhitungan dan analisis mengenai kelayakan ekonomi ini, dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Apabila diasumsikan nilai benefit atau keuntungan dari pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan adalah sama, maka perkerasan daur ulang dengan teknologi daur ulang lebih ekonomis dan layak untuk dikerjakan sebagai pekerjaan pemeliharaan jalan.
2. Dari kajian yang dilakukan, perkerasan daur ulang dengan menggunakan *Foam Bitumen* dan perkerasan daur ulang menggunakan campuran panas (HMRA), lebih mempunyai kinerja yang baik.

Untuk tahapan penelitian selanjutnya, dapat disurvei dan diperhitungkan *benefit* atau keuntungan dari perkerasan daur ulang tersebut, sehingga dapat dilakukan perhitungan kelayakan ekonomi yang lebih detail.





# DAFTAR PUSTAKA

- Djoko W. 2007. *Laporan pengawasan dan kajian uji skala penuh teknologi daur ulang jalan*. Pusjatan. Bandung
- Fuller, S.K., and S.R. Petersen. 1996. *NIST Handbook 135, Life-Cycle Costing Manual*, 1995 Edition
- Gerald J Thuesen. 2002. *Ekonomi teknik*. Edisi kesembilan jilid 1
- Henry Kerali. 2008. *Overview of HDM-4, Lead Transport Specialist*: World Bank
- Masri S., dan S. Effendi. 1985. *Metode Penelitian Survei*
- Nyoman S. 2008. *Laporan akhir kajian dan pengawasan uji coba skala penuh recycling lapisan beraspal dengan campuran beraspal panas* Pusjatan. Bandung
- P.A. Pienaar., A.T. Visser., L. Dlamini. 2000. *A Comparison of The HDM-4 with HDM-III on A Case Study in Swaziland*
- [www.grf.bg.ac.yu/.../HDM-4%20Overview%20&%20Implementation.ppt](http://www.grf.bg.ac.yu/.../HDM-4%20Overview%20&%20Implementation.ppt)
- [www.jabar.bps.go.id](http://www.jabar.bps.go.id)
- [www.pavementinteractive.org](http://www.pavementinteractive.org)
- [www.romdas.com/projects/hdm-4](http://www.romdas.com/projects/hdm-4)
- [www.rhd.gov.bd/Documents/HDM/Overview/HDM.pdf](http://www.rhd.gov.bd/Documents/HDM/Overview/HDM.pdf)
- [www.tempointeractive.com](http://www.tempointeractive.com)

