



METODE-METODE PERHITUNGAN
PERENCANAAN TEBAL
PERKERASAN LENTUR JALAN

Made Novia Indriani

**METODE-METODE PERHITUNGAN
PERENCANAAN TEBAL
PERKERASAN LENTUR JALAN**

METODE-METODE PERHITUNGAN PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN

Made Novia Indriani, ST., MT.



METODE-METODE PERHITUNGAN PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN

Penulis

Made Novia Indriani, ST., MT.

ISBN: 978-602-5522-16-1

Editor

Abd. Kahar Muzakkir

Desain Sampul

SIGn Art

Penerbit

CV. Social Politic Genius (SIGn)

Redaksi

 : Jln. Muh. Jufri No. 1, Makassar 90215

 : 082291222637

 : sign.institute@gmail.com

 : Penerbit SIGn

 : www.penerbitsign.com

Cetakan Pertama, Juni 2018

x + 214 hal.; 14,5 cm x 21 cm

Anggota IKAPI

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadapan *Ida Sang Hyang Widhi Wasa*/Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa memberikan tuntunan dan melimpahkan anugrah-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan buku "***Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan***".

Teknik-teknik perhitungan yang mendukung perencanaan desain tebal perkerasan lentur jalan disajikan untuk menambah dan melengkapi bacaan lain terutama dalam bidang Transportasi Jalan.

Di kesempatan yang baik ini penulis mengucapkan terima kasih pada berbagai pihak yang begitu banyak membantu dan memberi semangat selama pengerjaan buku ini, antara lain rekan-rekan dosen dan adik-adik mahasiswa di lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tidak ada sesuatu yang sempurna, demikian juga buku ini, saran kritik, dan segala bentuk masukan yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan selanjutnya.

Denpasar, Pebruari 2018
Penulis

Made Novia Indriani



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB 1 PERKERASAN JALAN RAYA	1
1.1. Umum	1
1.2. Perkembangan Jalan	2
1.3. Indikator Fungsi Pelayanan Konstruksi Perkerasan Jalan.....	3
1.4. Perkerasan Jalan (<i>Pavement Performance</i>).....	7
1.5. Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan Raya	15
1.6. Fungsi Lapisan Perkerasan Lentur	17
1.7. Sifat Perkerasan Lentur Jalan	22
1.8. Penyebab Kerusakan Perkerasan Lentur Jalan.....	23
1.9. Jenis Kerusakan Perkerasan Lentur Jalan	24
1.10. Cara Pengukuran Kerusakan Jalan.....	29
1.11. Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan.....	42
1.12. Urutan Prioritas Program Pemeliharaan Jalan.....	49
1.13. Standar Penanganan Kondisi Kerusakan Perkerasan Jalan	50
1.14. Tahapan Perhitungan	58
1.15. Data-data Perencanaan	60
1.16. Prosedur Analisis Data	61
1.17. Contoh Perhitungan pada Studi Kasus Ruas Jalan	63

**BAB 2 PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN JALAN
LENTUR DENGAN METODE ANALISA**

KOMPONEN	87
2.1. Desain Perkerasan.....	87
2.2. Metode Analisa Komponen	88
2.3. Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Metode Analisa Komponen pada Studi Kasus Ruas Jalan.....	100
2.4. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen dengan Program Komputer	109
2.5. Nomogram-nomogram pada Metode Analisa Komponen.....	120

**BAB 3 PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN JALAN
LENTUR DENGAN METODE**

ROAD DESIGN MODULE	125
3.1. Metode <i>Road Design Module</i>	125
3.2. Perencanaan Teknik Jalan dengan Metode <i>RDM (Road Design Module)</i>	132
3.3. Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Metode Road Design Module pada Studi Kasus Ruas Jalan...	135

**BAB 4 PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN JALAN
LENTUR DENGAN METODE SKBI - 2.3.26.1987/
SNI - 1732-1989-F**

143	143
4.1. Umum	143
4.2. Beban Lalu Lintas Berdasarkan Metode SKBI - 2.3.26.1987/SNI - 1732-1989-F	143
4.3. Daya Dukung Tanah Dasar Berdasarkan SKBI - 2.3.26.1987/SNI - 1732-1989-F	147
4.4. Parameter Penunjuk Kondisi Lingkungan Sesuai SKBI - 2.3.26.1987/ SNI - 1732-1989-F	149
4.5. Indeks Permukaan Sesuai SKBI - 2.3.26.1987/SNI - 1732-1989-F	149
4.6. Rumus Dasar Metode SKBI - 2.3.26.1987/ SNI - 1732-1989-F	151

4.7.	Indeks Tebal Perkerasan (ITP).....	152
4.8.	Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Metode SKBI – 2.3.26.1987/ SNI – 1732-1989-F	152
4.9.	Perhitungan Perkerasan Lentur dengan Metode SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F pada Studi Kasus Ruas Jalan	155

BAB 5 PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN JALAN

LENTUR METODA MANUAL DESAIN

PERKERASAN JALAN	161	
5.1.	Metoda Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013	161
5.2.	Lalu Lintas.....	162
5.3.	Level Desain dan Pemicu Penanganan	169
5.4.	Analisis Perkerasan <i>Existing</i>	177
5.5.	Desain Ketebalan Lapis Tambah (<i>Overlay</i>)	178
5.6.	Prosedur Perencanaan Perkerasan Metoda Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013	192
5.7.	Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metoda Manual Desain Perkerasan Jalan No.02/M/BM/2013 pada Studi Kasus Ruas Jalan	194
5.8.	Analisis Pemicu Penanganan dan Pemilihan Jenis Penanganan.....	201

DAFTAR PUSTAKA..... 211

TENTANG PENULIS 213



BAB 1

PERKERASAN JALAN RAYA

Tujuan Instruksional

Setelah melakukan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat mengetahui serta memahami:

1. Jenis kerusakan melalui pengamatan secara visual.
2. Nilai kondisi perkerasan ruas jalan berdasarkan Metode Bina Marga dan Metode PCI.
3. Jenis pemeliharaan yang diperlukan untuk memperbaiki kerusakan ruas jalan.

1.1. Umum

Perbaikan jalan dilakukan agar mampu memberikan pelayanan yang optimal sesuai dengan kapasitas yang diperlukan. Salah satu cara untuk dapat memperbaiki atau membangun konstruksi jalan raya, yaitu dengan merencanakan atau mendesain tebal perkerasan lentur jalan dengan memahami dan menggunakan beberapa metode. Ketepatan penggunaan metode akan menjamin kekuatan jalan raya. Sehubungan dengan ini, Undang-Undang No. 13 tahun 1980 dan Peraturan Pemerintah No. 26 tahun 1985, menyebutkan bahwa transportasi merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata, dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional, maka semakin jelaslah pentingnya perkerasan jalan raya.

1.2. Perkembangan Jalan¹

Jalan perkerasan pertama ditemukan di daerah Mesopotamia pada 3500 SM. Perkerasan jalan di Mesopotamia ini dianggap sebagai titik awal sejarah keberadaan jalan raya. Konstruksi jalan ini terdiri dari tanah asli yang dilapisi dengan batu kapur dan batu-bata sebagai penutupnya. antara Babilonia hingga Mesir, ditemukan pula jalan perkerasan yang diperkirakan dibangun 2500 – 2568 SM. oleh raja Cheope yang berfungsi untuk mengangkut batu-batu besar dalam membangun *Great Pyramid*. Permukaan jalan yang diperkeras dari batu-batuan juga ditemukan dipulau Crate (Kreta), Yunani yang dibuat kurang lebih 1500 SM. Pada fase yang lain, ditemukan permukaan jalan yang dibuat berlapis-lapis, yaitu dari lapisan tanah dasar yang di atasnya disusun lapisan batu-batu besar, batu beronjol dicampur mortar, batu kerikil dan kemudian ditutup dengan batu plat, yang menjadi jalan modern pada masa Kekaisaran Romawi pada tahun 753 – 476 SM.

Sehubungan dengan hal di atas, berbagai penemuan lain dapat memberikan gambaran terkait perkembangan jalan raya, antara lain:

1. Sir Walter Raleigh dari Britania Raya, menemukan danau aspal yang menjadi salah satu bahan untuk memperkeras lapisan permukaan jalan pada tahun 1595.
2. Pierre Marie Jereme Tresquet dari Perancis, memperkenalkan konstruksi jalan dari batu pecah, pada tahun 1718.
3. Thomas Telford dari Skotlandia memperkenalkan Metode prinsip desak yang merupakan metode konstruksi perkerasan jalan dan dibuat menurut jembatan lengkung dari batu belah, serta menambahkan susunan batu-batu kecil di atasnya. Ini diperkenalkan pada tahun 1790.
4. John Loudon Mac Adam dari Skotlandia, memperkenalkan prinsip tumpang tindih atau konstruksi Makadam, pada tahun 1815.
5. Lemoine dari Perancis, menemukan mesin penggilas (*stoom roller*) sebagai alat yang digunakan untuk memadatkan

1 Sukirman, S., *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, (Bandung: Nova, 1999), hlm. 1-4.

tanah, kerikil, beton ataupun aspal dalam pembangunan jalan dan pondasi pada tahun 1860.

1.3. Indikator Fungsi Pelayanan Konstruksi Perkerasan Jalan

Berdasarkan pada bagian ketiga Peraturan Pemerintah nomor 34 tahun 2006 tentang fungsi jalan, dan persyaratan teknis jalan, adalah sebagai berikut:

1.3.1. Fungsi Jalan

Berdasarkan fungsi jalan, dapat dibedakan atas:

- a. Jalan arteri, adalah jalan yang melayani moda transportasi dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk di batasi secara efisien.
- b. Jalan kolektor, adalah jalan yang melayani moda transportasi pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk di batasi.
- c. Jalan lokal, adalah jalan yang melayani moda transportasi setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah masuk tidak di batasi.

1.3.2. Kriteria Klasifikasi Fungsi Jalan

Adapun indikator berdasarkan klasifikasi fungsi jalan antara lain sebagai berikut:

A. Arteri Primer

- Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60 (enam puluh) kilometer per jam
- Lebar badan jalan paling sedikit 11 (sebelas) meter
- mempunyai kapasitas jalan yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata
- Jarak antar jalan masuk/akses langsung tidak boleh lebih pendek dari 500 meter
- pengaturan persimpangan sebidang pada jalan itu ditentukan berdasarkan pada poin a, b, c, dan d

- Jalan dilengkapi dengan bangunan pelengkap dan perlengkapan jalan harus disesuaikan dengan fungsi jalan dan ketentuan teknis perlengkapan yang ditetapkan oleh menteri yang menyelenggarakan urusan di bidang lalu lintas dan angkutan jalan
- Penggunaan jalan difungsikan untuk menghubungkan secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.

B. Arteri Sekunder

- Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 30 (tiga puluh) kilometer per jam
- Lebar badan jalan paling sedikit 11 (sebelas) meter
- Mempunyai kapasitas jalan yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata
- Jarak antar jalan masuk/akses langsung tidak boleh lebih pendek dari 250 meter
- Pengaturan persimpangan sebidang pada jalan itu ditentukan berdasarkan pada poin a, b, c, dan d
- Jalan dilengkapi dengan bangunan pelengkap dan perlengkapan jalan harus disesuaikan dengan fungsi jalan dan ketentuan teknis perlengkapan yang ditetapkan oleh menteri yang menyelenggarakan urusan di bidang lalu lintas dan angkutan jalan
- Penggunaan jalan difungsikan untuk menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.

C. Kolektor Primer

- Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 (empat puluh) kilometer per jam
- Lebar badan jalan paling sedikit 9 (sembilan) meter
- Mempunyai kapasitas jalan yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata
- Jarak antar jalan masuk/akses langsung tidak boleh lebih pendek dari 400 meter

- Pengaturan persimpangan sebidang pada jalan itu ditentukan berdasarkan pada poin a, b, c, dan d
- Jalan dilengkapi dengan bangunan pelengkap dan perlengkapan jalan harus disesuaikan dengan fungsi jalan dan ketentuan teknis perlengkapan yang ditetapkan oleh menteri yang menyelenggarakan urusan di bidang lalu lintas dan angkutan jalan
- Penggunaan jalan difungsikan untuk menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.

D. Kolektor Sekunder

- Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 (dua puluh) kilometer per jam
- Lebar badan jalan paling sedikit 9 (sembilan) meter
- Mempunyai kapasitas jalan yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata
- Jarak antar jalan masuk/akses langsung tidak memiliki batasan minimal panjang jalan
- Pengaturan persimpangan sebidang pada jalan itu ditentukan berdasarkan pada poin a, b, dan c
- Jalan dilengkapi dengan bangunan pelengkap dan perlengkapan jalan harus disesuaikan dengan fungsi jalan dan ketentuan teknis perlengkapan yang ditetapkan oleh menteri yang menyelenggarakan urusan di bidang lalu lintas dan angkutan jalan
- Penggunaan jalan difungsikan untuk menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

E. Lokal Primer

- Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 (dua puluh) kilometer per jam
- Lebar badan jalan paling sedikit 7,5 (tujuh koma lima) meter
- Mempunyai kapasitas jalan yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata

- Jarak antar jalan masuk/akses langsung tidak memiliki batasan minimal panjang jalan
- Pengaturan persimpangan sebidang pada jalan itu ditentukan berdasarkan pada poin a, b, dan c
- Jalan dilengkapi dengan bangunan pelengkap dan perlengkapan jalan harus disesuaikan dengan fungsi jalan dan ketentuan teknis perlengkapan yang ditetapkan oleh menteri yang menyelenggarakan urusan di bidang lalu lintas dan angkutan jalan
- Penggunaan jalan difungsikan untuk menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antar pusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antar pusat kegiatan lingkungan.

F. Lokal Sekunder

- Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 (sepuluh) kilometer per jam
- Lebar badan jalan paling sedikit 7,5 (tujuh koma lima) meter
- Mempunyai kapasitas jalan yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata jarak antar jalan masuk/akses langsung tidak memiliki batasan minimal panjang jalan
- Pengaturan persimpangan sebidang pada jalan itu ditentukan berdasarkan pada poin a, b, dan c
- Jalan dilengkapi dengan bangunan pelengkap dan perlengkapan jalan harus disesuaikan dengan fungsi jalan dan ketentuan teknis perlengkapan yang ditetapkan oleh menteri yang menyelenggarakan urusan di bidang lalu lintas dan angkutan jalan
- Penggunaan jalan difungsikan untuk menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

1.4. Perkerasan Jalan (Pavement Performance)

1.4.1. Definisi, Singkatan dan Istilah

Berdasarkan pada Lampiran No. 12, Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 378/KPTS/1987, 31 Agustus 1987 tentang Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen, perkerasan jalan dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Umur Rencana (UR) adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru.
- b. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) adalah jumlah rata-rata lalu-lintas kendaraan bermotor beroda 4 atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. Adapun yang mempengaruhi lalu lintas ialah sebagai berikut:²
 - Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu. Untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk alan 2 arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau 2 arah terpisah.
 - Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan lalu lintas adalah perkembangan daerah, bertambahnya kesejahteraan masyarakat, meningkatnya daya beli kendaraan, dll. Faktor tersebut dinyatakan dalam persen/tahun.
 - Volume Jam Perencanaan (VJP) dipengaruhi oleh arus lalu lintas yang bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam 1 hari, maka sangat cocok jika volume lalu lintas dalam 1 jam dipergunakan untuk perencanaan. Volume dalam 1 jam yang dipakai untuk perencanaan dinamakan Volume Jam Perencanaan (VJP). Perhitungan VJP didasarkan pada rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{VJP = K \times LHR \dots\dots\dots (1)}$$

² *Ibid*, hlm. 94-108.

dimana:

VJP : Volume Jam Perencanaan

K : faktor pengubah dari LHR ke lalu lintas jam puncak.

- c. Angka Ekuivalen (E) dari suatu beban sumbu kendaraan adalah angka kerusakan berdasarkan perbandingan antara beban lintasan kendaraan terhadap beban standar lintasan sumbu tunggal. Repetisi beban dinyatakan dalam lintasan sumbu standar yang dikenal sebagai lintas ekuivalen yang dapat di bedakan atas:
- Lintas Ekuivalen Permukaan (LEP) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata yang akan melintas jalan dan terjadi pada permulaan umur rencana.
 - Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata yang akan melintas jalan, pada umumnya jalan tersebut membutuhkan perbaikan secara struktur dan terjadi pada akhir umur rencana.
 - Lintas Ekuivalen Tengah (LET) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata yang akan melintas jalan dan terjadi pada pertengahan umur rencana.
 - Lintas Ekuivalen Rencana (LER) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata yang akan melintas jalan bersangkutan selama masa pelayanan, dan terjadi mulai permulaan hingga akhir umur rencana.
- d. Tanah Dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kepadatan permukaan tanah merupakan kebutuhan dalam perencanaan tebal perkerasan. Banyak metode yang di pakai untuk menentukan data dukung tanah dasar, khususnya di Indonesia daya dukung tanah dasar ditentukan dengan menggunakan pemeriksaan CBR (*California Bearing Ratio*). CBR Segmen Jalan adalah dimana panjang jalan terbagi atas segmen-segmen. Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mempunyai daya dukung tanah dasar, sifat tanah, dan keadaan lingkungan yang relatif sama³

3 *Ibid*, hlm. 114-116.

1.4.2. Kinerja

Kinerja perkerasan yang meliputi keamanan/kekuatan perkerasan (*structural pavement*), maupun fungsi (*functional performance*) dinyatakan dengan Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI) dan Indeks Kondisi Jalan (*Road Condition Index* = RCI).

A. Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI)

Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI) adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.⁴

International Roughness Index (IRI) adalah parameter kekasaran yang diperoleh dari perhitungan gerakan kumulatif pada sistem suspensi moda transportasi dibagi dengan jarak yang ditempuh. Nilai IRI merupakan indikator utama dalam menentukan nilai kondisi fungsional jalan yang sangat berpengaruh pada kenyamanan (*riding quality*) pada ruas Jalan Nasional. Berdasarkan AASHO Road Test, IP dinyatakan sebagai fungsi dari IRI dengan rumus:⁵

- a. Untuk perkerasan jalan beraspal:

$$PSI = 5 - 0,2937 X^4 + 1,1771 X^3 - 1,4045 X^2 - 1,5803 X \quad (2.1)$$

- b. Untuk perkerasan jalan dengan beton/semen:

$$PSI = 5 + 0,6046 X^3 - 2,2217 X^2 - 0,0434 X \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

X : Log (1 + SV)

SV : *Slope Variance* (10^6 x population of variance of slopes at 1-ft intervals) = 2,2704 IRI²,

PSI : *Present Serviceability Index*

IRI : *International Roughness Index*, m/km

4 Direktorat Jenderal Bina Marga, *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (SKBI - 2.3.26.1987)*, (Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1987), hlm. 1.

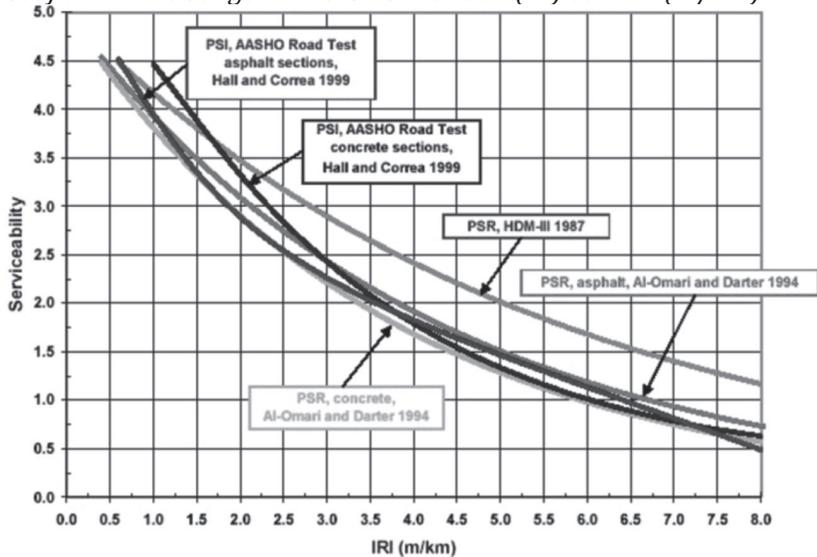
5 NCHRP Web Document 35 (Project C1-38), *Rehabilitation Strategies for Highway Pavements*, (Washington DC: Transportation Research Board, 2001), hlm. 44.

Tabel. 1.1 Hubungan Fungsi Pelayanan dan Indeks Permukaan (IP)

No.	Indeks Permukaan (IP)	Fungsi Pelayanan
1	4 – 5	Sangat baik
2	3 – 4	Baik
3	2 – 3	Cukup
4	1 – 2	Kurang
5	0 – 1	Sangat Kurang

Sumber: Silvia Sukirman (1999)

Grafik 1.1 Hubungan Indeks Permukaan (IP) dan IRI (m/km)



B. Indeks Kondisi Jalan (Road Condition Index = RCI)

Indeks Kondisi Jalan (Road Condition Index = RCI) adalah skala tingkat kenyamanan atau kinerja jalan yang dapat diperoleh dari pengukuran dengan alat *Roughometer* maupun secara visual. Menurut Silvia Sukirman (1999), korelasi antara RCI dan IRI pada konteks Indonesia dapat dirumuskan dengan:⁶

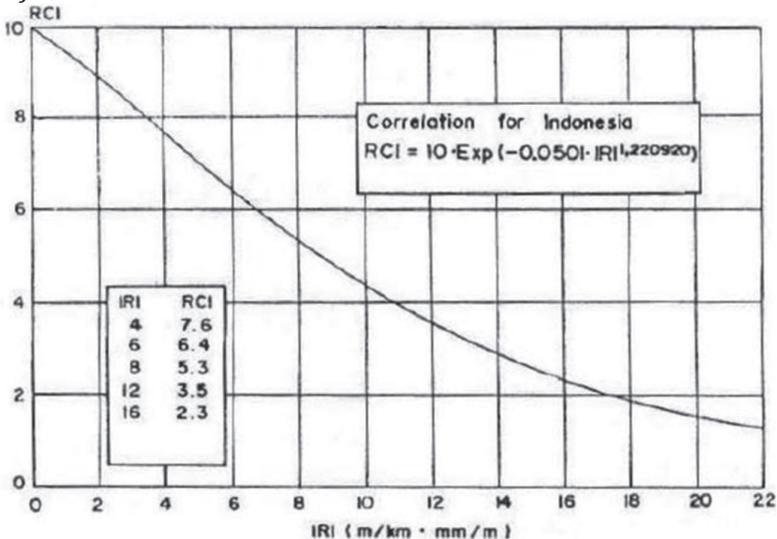
⁶ Sukirman, S., *Op.Cit.*, hlm. 91.

$$RCI = 10 * \text{Exp} (-0.0501 * IRI^{1,220920}) \dots\dots\dots (3)$$

Tabel. 1.2 Korelasi antara Permukaan dan Indeks Kondisi Jalan (RCI)

No.	Indeks Kondisi Jalan (RCI)	Kondisi Permukaan Jalan
1	8 - 10	Sangat rata dan teratur
2	7 - 8	Sangat baik, umumnya rata
3	6 - 7	Baik
4	5 - 6	Cukup, sedikit/tidak ada lubang, tetapi permukaan jalan tidak rata
5	4 - 5	Jelek, kadang-kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata
6	3 - 4	Rusak, bergelombang, banyak lubang
7	2 - 3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur
8	≤ 2	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4WD jeep

Grafik 1.2 Korelasi antara Nilai IRI dan Nilai RCI



1.4.3. Kondisi Lingkungan

Faktor utama dari kondisi lingkungan yang mempengaruhi konstruksi perkerasan jalan ialah sebagai berikut:⁷

A. Air dan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Adanya aliran air di sekitar badan jalan dapat mengakibatkan rembesan air ke badan jalan, yang dapat menyebabkan:

- Ikatan antara butir-butir agregat dan aspal lepas, sehingga lapisan perkerasan tidak lagi kedap air dan rusak.
- Perubahan kadar air mempengaruhi sifat daya dukung tanah dasar.

Aliran air di sekitar lapisan perkerasan dapat berasal dari:

- *Seepage* dari tempat yang lebih tinggi di sekitar konstruksi perkerasan. Hal ini terjadi terutama pada badan jalan tanah galian.
- Fluktuasi ketinggian muka air tanah.
- Infiltrasi air melalui permukaan perkerasan atau bahu jalan.
- Rembesan air dari tempat yang lebih basah ke tempat yang lebih kering.

Besarnya intensitas aliran air ini tergantung dari:

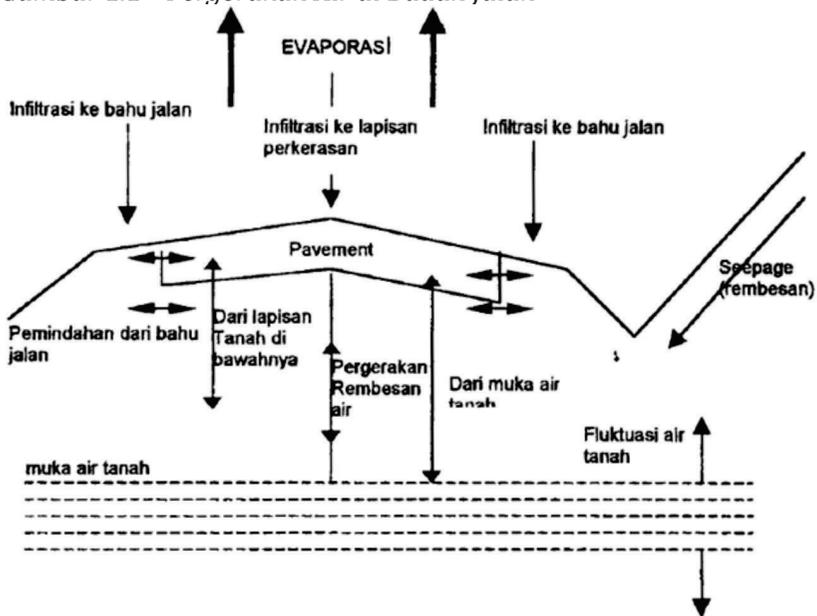
- Presipitasi (hujan) dan intensitas hujan sehubungan dengan iklim setempat. Air hujan akan jatuh ke badan jalan dan masuk ke lapisan tanah dasar melalui bahu jalan. Aliran air secara horizontal ke lapisan perkerasan terjadi jika kadar air tinggi di bahu jalan dan rendah di bawah lapisan perkerasan jalan. Hal ini dapat diatasi dengan membuat bahu jalan dari tanah berbutir kasar.
- Sifat kapilaritas dari tanah dasar. Jika tanah dasar mempunyai kadar air rendah dan di bawahnya terdapat air tanah, maka air dapat merembes ke atas akibat adanya gaya kapiler. Besarnya kemampuan ini ditentukan oleh jenis tanah dasar itu sendiri.

⁷ Tenriajeng, A.T., *Seri Diktat Kuliah: Rekayasa Jalan Raya-2*, (Jakarta: Gunadarma, 2002), hlm. 69-70.

Intensitas aliran air juga ditentukan oleh kondisi drainase di sekitar badan jalan tersebut. Aliran air pada badan jalan kurang mempengaruhi kadar air tanah dasar jika drainase jalan tersebut baik. Besar kecilnya bangunan drainase yang dibuat tergantung dari:

- Intensitas hujan, semakin tinggi intensitas hujan di daerah tersebut semakin banyak air yang harus dialirkan, maka semakin besar kebutuhan akan drainase.
- Keadaan medan dan ketinggian muka air tanah dari elevasi tanah dasar.

Gambar 1.1 Pergerakan Air di Badan Jalan



Sumber: Sukirman (1999)

Tanah dasar pada tanah galian umumnya mempunyai muka air tanah yang tinggi, sehingga harus dilengkapi dengan bangunan drainase bawah tanah yang baik. Dengan demikian kondisi yang terbaik yaitu dapat memelihara kadar air dalam keadaan seimbang. Hal ini dapat dilakukan dengan:

- Membuat drainase di tempat yang diperlukan.
- Bahu jalan dipilih dari material yang cepat mengalirkan air, di tempat tertentu dibuat dari lapisan kedap air.
- Tanah dasar dipadatkan pada keadaan kadar air optimum sehingga dicapai kepadatan yang baik.
- Menggunakan tanah dasar yang distabilisasi.
- Menggunakan lapisan permukaan yang kedap air.
- Lapisan perkerasan dibuat lebih lebar dari lebar yang dibutuhkan.

B. Perubahan Temperatur

Perubahan temperatur di Indonesia dapat terjadi karena perubahan musim dari musim penghujan ke musim kemarau (atau sebaliknya) atau karena pergantian siang dan malam, tetapi perubahan yang terjadi tidak sebesar di daerah dengan 4 musim.

1.4.4. Sifat Material Lapisan Perkerasan

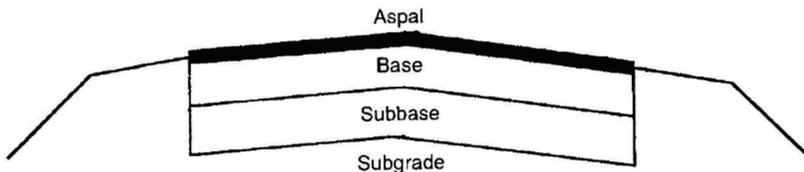
Perencanaan tebal lapisan perkerasan juga di temukan dari jenis lapisan perkerasan. Hal ini berkaitan dengan tersedianya material di lokasi dan mutu material tersebut.⁸

1.4.5. Bentuk Geometrik Lapisan Perkerasan

Bentuk geometrik lapisan perkerasan jalan mempengaruhi cepat atau lambatnya aliran meninggalkan lapisan perkerasan jalan. Pada umumnya bentuk geometrik perkerasan dapat dibedakan atas:⁹

A. Konstruksi Berbentuk Kotak (*Boxes Construction*)

Gambar 1.2 Lapisan Perkerasan berbentuk kotak



Sumber: Sukirman (1999)

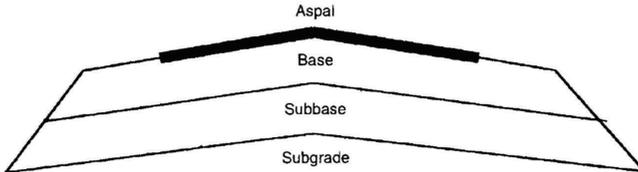
8 Sukirman, S., *Loc.Cit.*, hlm. 123.

9 Tenriajeng, A.T., *Op.Cit.*, hlm. 71.

Lapisan perkerasan diletakkan di dalam lapisan tanah dasar. Kerugian dari jenis perkerasan ini adalah air yang jatuh di atas permukaan perkerasan dan masuk melalui lubang-lubang pada perkerasan, lambat keluar karena tertahan oleh material tanah dasar.

B. Konstruksi Penuh Sebar Jalan (*Full Width Construction*)

Gambar 1.3 Lapisan Perkerasan selebar badan jalan



Sumber: Sukirman (1999)

Lapisan perkerasan diletakkan di atas tanah dasar pada seluruh badan jalan. Keuntungan air yang jatuh dapat segera dia alirkan keluar lapisan perkerasan.

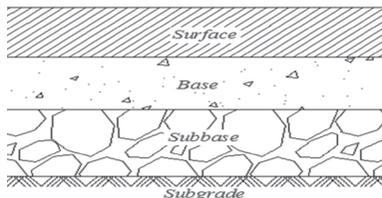
1.5. Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan Raya

Silvia Sukirman (1999) menyatakan bahwa berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi jalan dapat dibedakan atas:¹⁰

A. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Konstruksi ini terdiri dari empat lapisan penyusunan yaitu lapisan *subgrade*, *sub-base*, *base* dan *surface*.

Gambar 1.4 Struktur Perkerasan Lentur



Sumber: Sukirman (1992)

¹⁰ Sukirman, S., *Loc.Cit.*, hlm. 4.

B. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton. Adapun Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan lentur diberikan pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Perbedaan antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

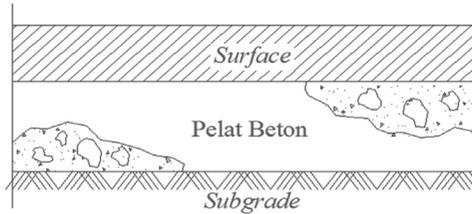
		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi beban	Timbul <i>Rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber: Sukirman (1992)

C. Konstruksi Perkerasan Komposit

Perkerasan yang merupakan gabungan dari perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk ini maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekuatan yang cukup serta mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya. Struktur perkerasan kaku yang dilapisi perkerasan beraspal dapat dilihat pada Gambar 1.5.

Gambar 1.5 Struktur Perkerasan Kaku yang Dilapisi Aspal (Komposit)



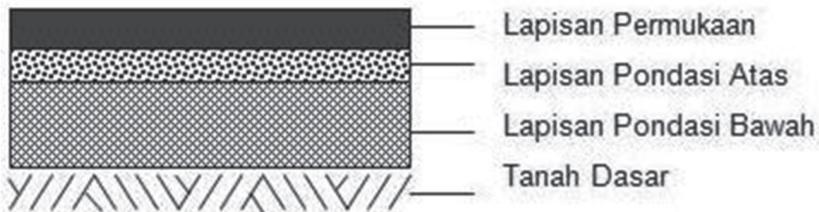
Sumber: Sukirman (1992)

1.6. Fungsi Lapisan Perkerasan Lentur¹¹

Konstruksi perkerasan lentur jalan raya terdiri atas lapisan-lapisan yang dapat dikelompokkan menjadi 4 (empat) bagian, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.6.

- Lapisan permukaan (*surface course*)
- Lapisan pondasi atas (*base course*)
- Lapisan pondasi bawah (*sub-base course*)
- Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Gambar 1.6 Lapisan Perkerasan Lentur



1.6.1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan Permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas dan berfungsi antara lain sebagai berikut:

- Lapisan perkerasan penahan beban roda, dengan persyaratan harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.

¹¹ Tenriajeng, A.T., *Loc.Cit.*, hlm. 10-15.

- b. Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih buruk.

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

- a. Lapisan bersifat non struktural, berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air. Adapun perbedaan syarat-syarat dari jenis lapisan antara lain sebagai berikut:¹²
 - Laburan Batu Satu Lapis (BURTU) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam. Tebal maksimum 20 mm.
 - Laburan Batu Dua Lapis (BURDA) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan. Tebal maksimum 35 mm.
 - Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran pasir dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.
 - Laburan Aspal (BURAS) adalah merupakan lapis penutup terdiri dengan ukuran butir maksimum dari lapisan aspal taburan pasir 9,6 mm atau 3/8 inch.
 - Lapis Tipis Asbuton Murni (LATASBUM), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang

12 Direktorat Jenderal Bina Marga, 1987, *Op.Cit.*, hlm. 2-3.

dicampur secara dingin. Tebal maksimum 10 mm.

- Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Tebal padat antara 25 sampai 30 mm.

Jenis lapis permukaan di atas walaupun bersifat nonstruktural, namun dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu, sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Jenis perkerasan ini terutama digunakan untuk pemeliharaan jalan.

- b. Lapisan bersifat struktural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda kendaraan. Adapun perbedaan syarat-syarat dari jenis lapisan antara lain sebagai berikut:¹³

- Lapis Penetrasi Macadam (LAPEN) adalah merupakan suatu lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dengan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal keras dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dan apabila akan digunakan sebagai lapis permukaan perlu diberi laburan aspal dengan batu penutup. Tebal maksimum 40-100 mm.
- Lapis Asbuton Campuran Dingin (LASBUTAG) adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan peremaja dan filler (bila diperlukan) yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal pada tiap lapisannya antara 30-50 mm.
- Lapis Aspal Beton (LASTON) adalah merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal keras, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

¹³ *Ibid.*,

1.6.2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*).

Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan disebut lapis pondasi atas (*base course*). Karena letaknya di bawah permukaan perkerasan, maka lapisan ini menerima pembebanan yang berat paling, oleh karena itu material yang digunakan harus berkualitas dan pelaksanaan konstruksi harus dilakukan dengan cermat.

Secara umum *base course* mempunyai, fungsi sebagai berikut:

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi atas (*base course*) adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan CBR > 50 % Plastisitas Index (PI) < 4 % Bahan-bahan alam, seperti batu pecah, kerikil pecah.

Jenis lapis pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia antara lain:

- a. Agregat bergradasi baik, dapat dibagi atas batu pecah kelas A, batu pecah kelas B dan batu pecah kelas C. Batu pecah kelas A mempunyai gradasi yang lebih kasar dari batu pecah kelas B, dan batu pecah kelas B lebih kasar dari batu pecah kelas C. Kriteria dari masing-masing jenis lapisan tersebut dapat diperoleh pada spesifikasi bahan.
- b. Pondasi Macadam
- c. Pondasi Telford
- d. Penetrasi Macadam (LAPEN)
- e. Aspal Beton Pondasi (*Asphalt Concrete Base/Asphalt Treated Base*)
- f. 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*).

1.6.3. Lapis Pondasi Bawah (*Sub-base Course*)

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. yang berfungsi sebagai:

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR(20 % dan Plastisitas Indeks (PI) > 10%.
- b. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- c. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d. Lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- e. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat berat.
- f. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum digunakan di Indonesia adalah:

- a. Agregat bergradasi baik, dibedakan atas serti/pitrun yang terbagi dalam kelas A, kelas B dan kelas C.
- b. Stabilisasi yang terdiri dari:
 - Stabilisasi Agregat dengan Semen (*Cement Treated Sub-Base*)
 - Stabilisasi Agregat dengan Kapur (*Lime Treated Sub-Base*)
 - Stabilisasi Tanah dengan Semen (*Soil Cement Stabilization*)
 - Stabilisasi Tanah dengan Kapur (*Soil Lime Stabilization*)

1.6.4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan Tanah Dasar adalah lapisan tanah setebal 5-10 cm dimana di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang dapat berupa

tanah asli dipadatkan (jika tanah aslinya baik), tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pematatan yang baik akan diperoleh jika dilakukan pada kondisi kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar (*subgrade*) dapat dibedakan atas:

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian
- b. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan
- c. Lapisan tanah dasar, tanah asli

Sebelum lapisan-lapisan lainnya diletakkan, tanah dasar (*subgrade*) dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume, sehingga dapat dikatakan bahwa kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Persoalan tanah dasar yang sering ditemui antara lain:

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari jenis tanah tertentu sebagai akibat beban lalu-lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah dasar yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti akibat perbedaan sifat dan kedudukan tanah, juga disebabkan oleh pelaksanaan konstruksi.
- d. Perbedaan penurunan (*differential settlement*) akibat terdapatnya lapisan-lapisan tanah yang lunak dan mengakibatkan perubahan bentuk tetap.
- e. Kondisi geologis dari lokasi jalan khususnya jalan yang berada pada daerah patahan dll.

1.7. Sifat Perkerasan Lentur Jalan¹⁴

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

¹⁴ Sukirman, S., *Loc.Cit.*, hlm. 66-69.

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara aspal itu sendiri.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Dengan demikian, aspal haruslah memiliki daya tahan (tidak cepat rapuh) dan memberikan sifat elastis yang baik, antara lain;

- Daya tahan (*durability*), adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.
- Adhesi, adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal.
- Kohesi, adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.
- Kepekaan terhadap temperatur, adalah kemampuan dari material termoplastik dimana akan menjadi keras jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperature bertambah.
- Kekerasan aspal, dalam hal ini ditentukan dari proses pencampuran yang dipanaskan dan dicampur dengan agregat. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

1.8. Penyebab Kerusakan Perkerasan Lentur Jalan

Kerusakan pada konstruksi perkerasan lentur dapat disebabkan oleh:¹⁵

- a. Lalu lintas, yang dapat berupa peningkatan beban, dan repetisi beban.
- b. Air, yang dapat berasal dari air hujan, sistem drainase jalan yang tidak baik dan naiknya air akibat kapilaritas.

15 Tenriajeng, A.T., *Loc.Cit.*, hlm. 163.

- c. Material konstruksi perkerasan. Dalam hal ini disebabkan oleh sifat material atau dapat pula disebabkan oleh sistem pengolahan bahan yang tidak baik.
- d. Iklim, Indonesia beriklim tropis, dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi, yang dapat merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan.
- e. Kondisi tanah dasar yang tidak stabil. Kemungkinan disebabkan oleh system pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah dasarnya yang memang kurang bagus.
- f. Proses pemadatan lapisan di atas tanah dasar yang kurang baik. Umumnya kerusakan-kerusakan yang timbul itu tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi dapat merupakan gabungan penyebab yang saling berkaitan.

1.9. Jenis Kerusakan Perkerasan Lentur Jalan¹⁶

Lapisan perkerasan sering mengalami kerusakan atau kegagalan sebelum mencapai umur rencana. Kegagalan pada perkerasan dapat dilihat dari kondisi kerusakan fungsional dan struktural. Kerusakan fungsional adalah apabila perkerasan tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan yang direncanakan. Sedangkan kerusakan struktural disebabkan oleh lapisan tanah dasar yang tidak stabil, beban lalu lintas, kelelahan permukaan, dan pengaruh kondisi lingkungan sekitar. Jenis Kerusakan Perkerasan Lentur dapat dibedakan atas:

1.9.1. Retak (*Cracking*)

Retak yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas:

- a. Retak halus atau retak garis (*hair cracking*), lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm. Retak ini disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air ke dalam permukaan dan dapat menimbulkan kerusakan yang lebih parah.

¹⁶ Sukirman, S., *Loc.Cit.*, hlm. 224-240.

- b. Retak kulit buaya (*alligator crack*), lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Retak ini disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapisan permukaan kurang stabil, atau bahan pelapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik). Umumnya daerah dimana terjadi retak kulit buaya tidak luas. Jika terjadi sebaliknya, mungkin hal ini disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas yang melampaui beban yang dapat dipikul oleh lapisan permukaan tersebut.
- c. Retak berbentuk persegi dengan sudut tajam (*block cracking*), rangkaian retak berbentuk persegi dengan sudut tajam, tetapi bentuknya saja yang lebih besar dari retak kulit buaya. Retak ini tidak hanya disebabkan oleh arus lalu lintas berulang, tetapi juga dapat terjadi di daerah yang jarang dilalui arus lalu lintas.
- d. Retak pinggir (*edge crack*), retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu. Retak ini disebabkan oleh tidak baiknya sokongan dari arah samping, drainase kurang baik, terjadinya penyusutan tanah, atau terjadinya settlement di bawah daerah tersebut.
- e. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*), retak memanjang, umumnya terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan. Retak dapat disebabkan oleh kondisi drainase di bawah bahu jalan lebih buruk dari pada di bawah perkerasan, terjadinya settlement di bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truk/kendaraan berat di bahu jalan.
- f. Retak sambungan jalan (*lane joint cracks*), retak memanjang dan terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas. Retak ini disebabkan oleh ikatan sambungan kedua lajur yang tidak baik.
- g. Retak sambungan pelebaran jalan (*widening cracks*), retak memanjang dan terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran. Retak ini disebabkan oleh perbedaan daya dukung di bawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama, dapat juga disebabkan oleh ikatan antara sambungan tidak baik.

- h. Retak refleksi (*reflection cracks*), retak memanjang, melintang, diagonal atau membentuk kotak. Terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan dibawahnya. Retak ini terjadi apabila retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki secara baik sebelum pekerjaan overlay dilakukan, dapat juga disebabkan oleh gerakan vertikal/horizontal di bawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansif.
- i. Retak susut (*shrinkage cracks*), retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan susut tajam. Retak ini disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar.
- j. Retak slip (*slippage cracks*), retak yang bentuknya melengkung seperti bulan sabit. Retak ini disebabkan oleh kurang baiknya ikatan antar lapis permukaan dan lapis dibawahnya, dapat juga disebabkan oleh terlalu banyaknya pasir dalam campuran lapisan permukaan, atau kurang baiknya pemadatan lapisan permukaan.

1.9.2. Distorsi (*Distortion*)

Distorsi/perubahan bentuk dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar, pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Distorsi dapat dibedakan atas:

- a. Alur (*ruts*), terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Alur dapat merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh di atas permukaan jalan dan akhirnya menimbulkan retak-retak. Kerusakan ini disebabkan oleh lapis perkerasan yang kurang padat, dengan demikian terjadi tambahan pemadatan akibat repetisi beban lalu lintas pada lintasan roda.
- b. Keriting (*corrugation*), alur terjadi melintang jalan. Kerusakan ini disebabkan oleh rendahnya stabilitas campuran yang dapat berasal dari terlalu tingginya kadar aspal, terlalu banyak menggunakan agregat halus, agregat berbentuk butiran dan berpermukaan licin, atau aspal yang dipergunakan mempunyai penetrasi yang tinggi.

- c. Sungkur (*shoving*), membentuk jembulan pada lapis aspal, biasanya terjadi dengan/tanpa retak ditempat kendaraan sering berhenti, kelandaian curam, dan tikungan tajam. Kerusakan ini memiliki penyebab yang sama dengan kerusakan keriting.
- d. Amblas (*grade depressions*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Kerusakan ini dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang, kemudian meresap ke dalam lapisan permukaan yang akhirnya menimbulkan lubang. Kerusakan ini disebabkan oleh beban kendaraan yang melebihi apa yang direncanakan, pelaksanaan yang kurang baik, atau penurunan bagian perkerasan dikarenakan tanah dasar mengalami settlement.
- e. Jembul (*upheaval*). terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Kerusakan ini disebabkan oleh adanya pengembangan tanah dasar pada tanah yang ekspansif.
- f. Tonjolan kecil pada permukaan (*bumps and sags*), terjadi pada permukaan perkerasan. Kerusakan ini disebabkan oleh ketidakstabilan aspal, dapat juga disebabkan oleh penumpukan material pada suatu celah jalan yang diakibatkan oleh beban lalu lintas.

1.9.3. Cacat Permukaan (*Disintegration*)

Yang termasuk dalam cacat permukaan adalah:

- a. Lubang (*potholes*), berupa mangkuk, ukuran bervariasi dari kecil sampai besar, menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan yang menyebabkan semakin parahnya kerusakan jalan. Kerusakan ini disebabkan oleh:
 - Material kadar aspal rendah, sehingga film aspal tipis dan mudah lepas.
 - Material agregat kotor sehingga ikatan antara aspal dan agregat tidak baik.
 - Temperatur campuran tidak memenuhi persyaratan.
 - Lapis permukaan tipis sehingga ikatan aspal dan agregat mudah lepas akibat pengaruh cuaca.
 - Sistem drainase jelek, sehingga air banyak yang meresap dan mengumpul pada lapis permukaan.

- Retak-retak yang terjadi tidak segera ditangani sehingga air meresap masuk dan mengakibatkan terjadinya lubang-lubang kecil.
- b. Pelepasan butir (*raveling*), berupa permukaan perkerasan yang kasar. Kerusakan ini memiliki penyebab yang sama dengan kerusakan lubang.
- c. Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*). Kerusakan ini disebabkan oleh kurangnya ikatan antar lapisan permukaan dan lapis dibawahnya, atau terlalu tipisnya lapis permukaan.

1.9.4. Penganusan (*Polished Aggregate*)

Permukaan menjadi licin, sehingga membahayakan kendaraan. Kerusakan ini disebabkan oleh material agregat yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan, atau agregat yang dipergunakan berbentuk bulat dan licin, tidak berbentuk *cubical*.

1.9.5. Kegemukan (*Bleeding/Flushing*)

Permukaan jalan menjadi licin dan tampak lebih hitam. Pada temperatur tinggi, aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda. Berbahaya bagi kendaraan karena bila dibiarkan, akan menimbulkan lipatan-lipatan (*keriting*) dan lubang pada permukaan jalan. Kerusakan ini disebabkan oleh pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal, pemakaian terlalu banyak aspal pada pekerjaan *prime coat* atau *tack coat*.

1.9.6. Penurunan pada Bekas Penanaman Utilitas (*Utility Cut Patching*)

Penurunan yang terjadi di sepanjang bekas penanaman utilitas. Kerusakan ini disebabkan oleh pemadatan yang tidak memenuhi syarat.

1.9.7. Perbedaan Elevasi antara Badan Jalan dengan Bahu Jalan (*Lane/Shoulder Drop Off*)

Adanya perbedaan elevasi antara badan jalan dengan bahu jalan. Kerusakan ini disebabkan oleh erosi tanah pada bahu jalan, penurunan tanah dasar pada bahu, dan juga perencanaan jalan tanpa menyesuaikan tingkat bahu jalan.

1.9.8. Tambalan (*Patching*)

Permukaan perkerasan yang telah diganti menjadi baru untuk memperbaiki perkerasan yang ada. Identifikasi terhadap tambalan ini biasanya ditentukan berdasarkan luasan tambalan.

1.9.9. Benjolan dan Lengkungan (*Railroad Crossing*)

Permukaan jalan yang menjadi lintasan jalur kereta api. Kerusakan ini disebabkan oleh luasan jalur kereta yang melintasi jalan dan juga diukur sesuai dengan tingkat kerusakannya.

1.9.10. Pembengkakan Jalan (*Swell*)

Permukaan jalan yang ditandai dengan tonjolan di sekitar permukaan jalan dan dapat mencapai panjang sekitar 3 m pada permukaan jalan, dapat juga disertai retak permukaan. Kerusakan ini disebabkan oleh kurangnya kepadatan tanah dasar.

1.10. Cara Pengukuran Kerusakan Jalan¹⁷

Cara pengukuran menurut jenis dan tingkat kerusakan dilakukan sebagai berikut:

A. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

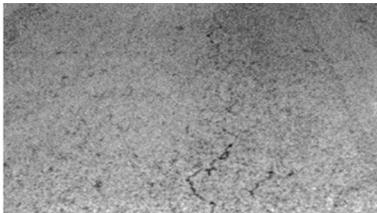
Cara pengukuran retak kulit buaya diukur dalam meter persegi (m^2). Kesulitan dalam mengukur jenis kerusakan ini jika terdapat dua atau tiga tingkat keparahan ada dalam lokasi. Jika bagian ini mudah dibedakan dari satu sama lain, maka harus diukur dan dicatat secara terpisah. Jika retak buaya dan alur terjadi di daerah yang sama, masing-masing dicatat secara terpisah ditingkatannya.

¹⁷ Shahin, M. Y., *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*, (New York: Chapman & Hall, 1994), hlm. 84-135.

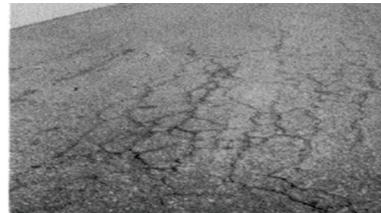
Tabel 1.4 Tingkat Kerusakan Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Halus, retak rambut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami gompal.
<i>Medium</i>	Retak kulit buaya ringan terus berkembang ke dalam pola atau jaringan retakan yang diikuti dengan gompal ringan.
<i>High</i>	Jaringan dan pola retak berlanjut, sehingga pecahan-pecahan dapat diketahui dengan mudah, dan dapat terjadi gompal di pinggir. Beberapa pecahan mengalami rocking akibat lalu lintas.

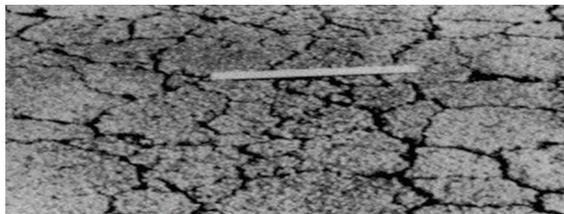
Gambar 1.7 Kerusakan Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)



Low Severity



Medium Severity



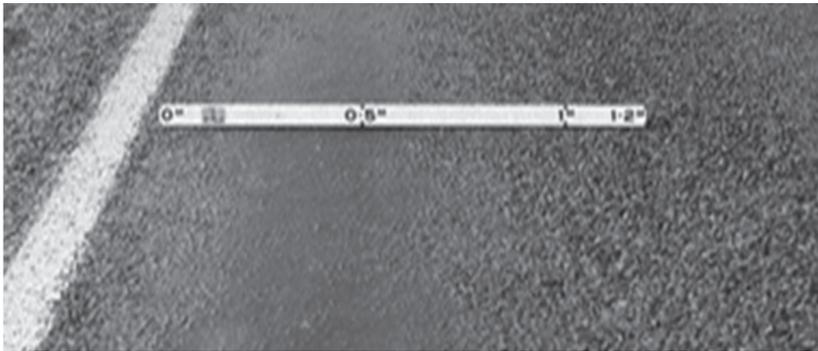
High Severity

B. Penggemukan (*Bleeding*)

Cacat permukaan ini diukur dalam meter persegi (m^2).

Tabel 1.5 Tingkat Kerusakan Penggemukan (*Bleeding*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Kegemukan terjadi hanya pada derajat rendah, dan nampak hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan.
<i>Medium</i>	Kegemukan telah mengakibatkan aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling tidak beberapa minggu dalam setahun.
<i>High</i>	Kegemukan telah begitu nyata dan banyak aspal ,melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun.

Gambar 1.8 Kerusakan Penggemukan (*Bleeding*)

C. Retak Blok (*Block Cracking*)

Retak blok diukur dalam meter persegi (m²). Setiap bidang bagian perkerasan memiliki tingkat keparahan yang jelas berbeda harus diukur dan dicatat secara terpisah.

Tabel 1.6 Tingkat Kerusakan Retak Blok (*Block Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah.

<i>Medium</i>	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang.
<i>High</i>	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi.

Gambar 1.9 Kerusakan Retak Blok (Block Cracking)



Low Severity



Medium Severity



High Severity

D. Keriting (*Corrugation*)

Keriting diukur dalam meter persegi (m^2). Perbedaan ketinggian rata-rata antara pegunungan dan lembah lipatan menunjukkan tingkat keparahan. Untuk menentukan perbedaan ketinggian rata-rata, alat ukur (3m) harus ditempatkan tegak lurus terhadap lipatannya sehingga kedalaman bisa diukur dalam inci (mm). Kedalaman rata-rata dihitung dari pengukuran tersebut.

Tabel 1.7 Tingkat Kerusakan Keriting (*Corrugation*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Keriting mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan.
<i>Medium</i>	Keriting mengakibatkan agak banyak mengganggu kenyamanan kendaraan.

<i>High</i>	Keriting mengakibatkan banyak mengganggu kenyamanan kendaraan.
-------------	--

Gambar 1.10 Kerusakan Keriting (*Corrugation*)



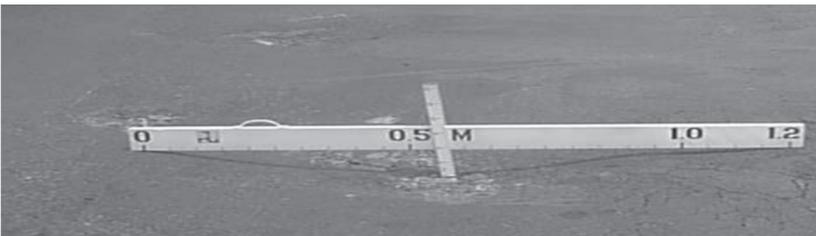
E. Amblas (*Depression*)

Depresi diukur dalam meter persegi (m^2) dari permukaan daerah. Kedalaman maksimum depresi menentukan tingkat keparahan. Kedalaman ini dapat diukur dengan menempatkan alat ukur (3m) sejajar di daerah depresi dan pengukuran.

Tabel 1.8 Tingkat Kerusakan Amblas (*Depression*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Kedalaman maksimum amblas $\frac{1}{2}$ -1 inc (13-25 mm).
<i>Medium</i>	Kedalaman maksimum amblas 1-2 inc (12 -51 mm).
<i>High</i>	Kedalaman maksimum amblas >2 inc (51 mm).

Gambar 1.11 Kerusakan Amblas (*Depression*)



F. Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Retak pinggir diukur dalam meter panjang (m'). Panjang dan tingkat keparahan retak masing-masing harus diidentifikasi dan dicatat.

Tabel 1.9 Tingkat Kerusakan Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Retak sedikit sampai sedang dengan tanpa pecahan atau butiran lepas.
<i>Medium</i>	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas.
<i>High</i>	Banyak pecahan atau butiran lepas disepanjang tepi perkerasan.

Gambar 1.12 Kerusakan Retak Pinggir (*Edge Cracking*)



G. Retak (*Joint Reflection Cracking*)

Jenis retak ini diukur dalam meter panjang (m'), panjang dan tingkat keparahan retak masing-masing harus diidentifikasi dan dicatat. Jika tidak retak memiliki tingkat keparahan yang sama sepanjang seluruh panjang, setiap bagian harus dicatat secara terpisah. Sebagai contoh, retak yang ada adalah 50 kaki (15 meter) panjang akan ada 10 kaki (3 meter) tinggi keparahan, 20 kaki (6 meter) keparahan sedang, dan 20 kaki (6 meter) dari keparahan ringan; ini semua akan dicatat secara terpisah.

Tabel 1.10 Tingkat Kerusakan Retak (Joint Reflection Cracking)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tak terisi, lebar <math><3/8\text{ in}</math> (10 mm) 2. Retak terisi, sembarang lebar (pengisi kondisi bagus).
<i>Medium</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tak terisi, lebar <math><3/8\text{-}3\text{ in}</math> (10-76 mm) 2. Retak tak terisi, sembarang lebar 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan.
<i>High</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi dengan retak acak, kerusakan sedang atau tinggi 2. Retak tak terisi lebih dari 3 in (76 mm) 3. Retak sembarang lebar dengan beberapa inci di sekitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecahan).

Gambar 1.13 Kerusakan Retak (Joint Reflection Cracking)

*Low Severity**Medium Severity**High Severity*

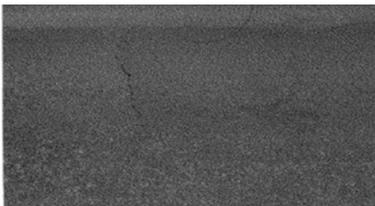
H. Retak Memanjang dan Melintang

Memanjang dan retak melintang diukur di dalam meter panjang (m'). Panjang dan tingkat keparahan masing-masing retak harus diidentifikasi dan dicatat. Jika retak tidak memiliki tingkat keparahan yang sama sepanjang seluruh panjang, setiap bagian retak memiliki tingkat keparahan berbeda harus dicatat secara terpisah.

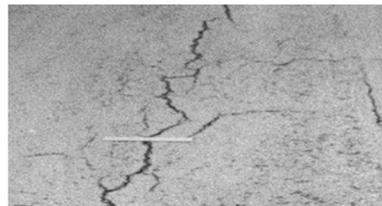
Tabel 1.11 Tingkat Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tak terisi, lebar <math>< 3/8 \text{ in (10 mm)}</math> 2. Retak terisi, sembarang lebar (pengisi kondisi bagus).
<i>Medium</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tak terisi, lebar <math>< 3/8-3 \text{ in (10-76 mm)}</math> 2. Retak tak terisi, sembarang lebar 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan.
<i>High</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi dengan retak acak, kerusakan sedang atau tinggi 2. Retak tak terisi lebih dari 3 in (76 mm) 3. Retak sembarang lebar dengan beberapa inci disekitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecahan).

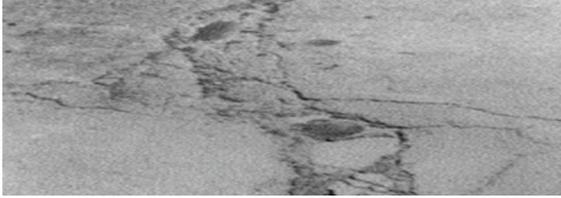
Gambar 1.14 Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang



Low Severity



Medium Severity



High Severity

I. Tambalan dan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cut Patching*)

Patching diukur dalam satuan meter persegi (m^2) dari permukaan. Namun, jika petak satu memiliki wilayah yang berbeda-beda tingkat keparahan, bidang-bidang ini harus diukur dan dicatat secara terpisah. Sebagai contoh, *patch* (2,3 meter persegi) 25 kaki persegi mungkin memiliki 10 persegi kaki (1,0 meter persegi) keparahan menengah dan 15 kaki persegi (1.4-square-meter) dari tingkat keparahan. Daerah ini akan dicatat secara terpisah.

Tabel 1.12 Tingkat Kerusakan Tambalan dan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cut Patching*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Tambalan dalam kondisi baik dan memuaskan. Kenyamanan kendaraan dinilai terganggu sedikit atau lebih baik.
<i>Medium</i>	Tambalan sedikit rusak. Kenyamanan kendaraan agak terganggu.
<i>High</i>	Tambalan sangat rusak. Kenyamanan kendaraan sangat terganggu.

Gambar 1.15 Kerusakan Tambalan dan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cut Patching*)



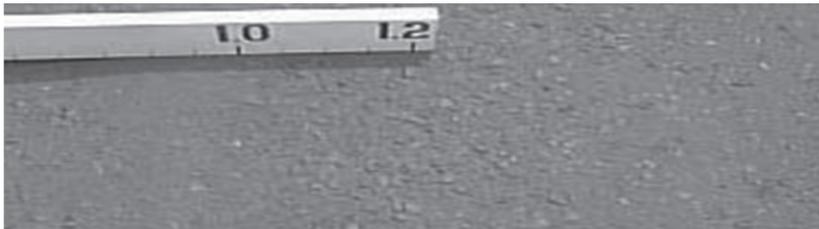
J. Agregat Licin (*Polished Aggregate*)

Diukur dalam satuan meter persegi (m²) luas permukaan.

*Tabel 1.13 Tingkat Kerusakan Agregat Licin (*Polished Aggregate*)*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
	Tidak ada definisi derajat kerusakan. Tetapi, derajat kelicinan harus nampak signifikan, sebelum dilibatkan dalam survey kondisi dan dinilai sebagai kerusakan.

*Gambar 1.16 Kerusakan Agregat Licin (*Polished Aggregate*)*



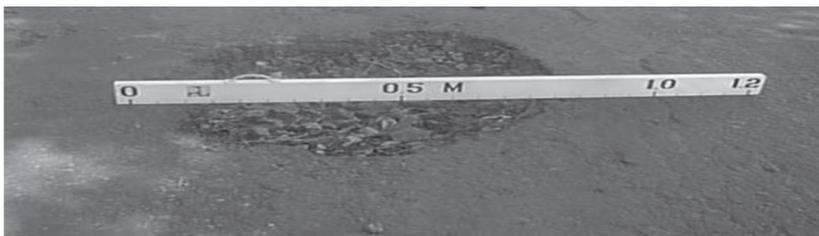
K. Kerusakan Lubang (*Photoles*)

Kerusakan ini diukur menurut diameter lubang yang ada.

*Tabel 1.14 Tingkat Kerusakan Lubang (*Photoles*)*

Kedalaman maks lubang (inc)	Identifikasi Kerusakan		
	4 - 8	8 - 18	18 - 30
½ - 1	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>
1 - 2	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
>2	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>

*Gambar 1.17 Kerusakan Lubang (*Photoles*)*



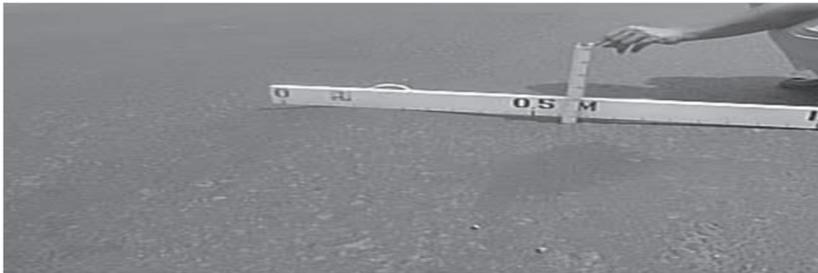
L. Kerusakan Alur (*Rutting*)

Rutting diukur dalam satuan meter persegi (m^2), dan tingkatan kerusakannya ditentukan oleh kedalaman alur tersebut. Untuk menentukan kedalaman, alat ukur harus diletakkan di alur dan kedalaman maksimum yang diukur.

Tabel 1.15 Tingkat Kerusakan Kerusakan Alur (*Rutting*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Kedalaman alur rata-rata $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ inc (6-13 mm).
<i>Medium</i>	Kedalaman alur rata-rata $\frac{1}{2}$ -1 inc (13-25,5 mm).
<i>High</i>	Kedalaman alur rata-rata > 1 inc (25,4 mm).

Gambar 1.18 Kerusakan Kerusakan Alur (*Rutting*)



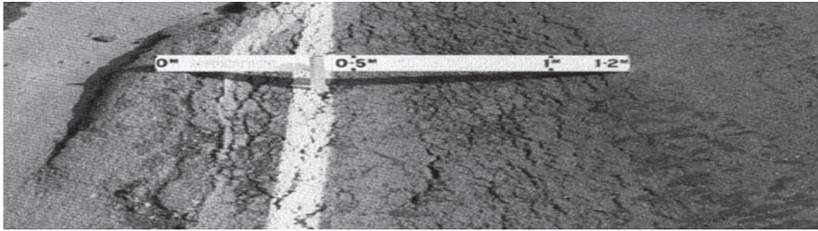
M. Sungkur (*Shoving*)

Sungkur diukur dalam meter persegi pada area yang terjadi sungkuran.

Tabel 1.16 Tingkat Kerusakan Sungkur (*Shoving*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan.
<i>Medium</i>	Menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan.
<i>High</i>	Menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan kendaraan.

Gambar 1.19 Kerusakan Sungkur (*Shoving*)



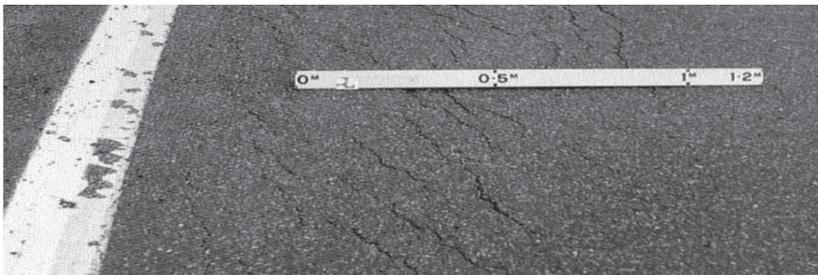
N. Retak Bulan Sabit (*Slippage Crack*)

Jenis kerusakan ini diukur dalam meter persegi pada area yang terjadi retak bulan sabit.

Tabel 1.17 Tingkat Kerusakan Retak Bulan Sabit (*Slippage Crack*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Retak rata-rata lebar < 3/8 in. (10 mm).
<i>Medium</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak rata-rata 3/8-1,5 inc (10-38 mm) 2. Area di sekitar retakan pecah, kedalaman pecahan-pecahan terikat.
<i>High</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak rata-rata > 1/2 inc (38 mm) 2. Area di sekitar retakan pecah, kedalaman pecahan-pecahan mudah terongkar.

Gambar 1.20 Kerusakan Retak Bulan Sabit (*Slippage Crack*)



O. Mengembang (*Swell*)

Luas permukaan pembengkakan diukur dalam kaki persegi atau meter persegi (m²).

Tabel 1.18 Tingkat Kerusakan Mengembang (Swell)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan. Kerusakan ini sulit dilihat, tapi dapat dideteksi dengan berkendara cepat. Gerakan keatas terjadi bila ada pengembangan.
<i>Medium</i>	Pengembangan menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan.
<i>High</i>	Pengembangan menyebabkan gangguan besar kenyamanan kendaraan.

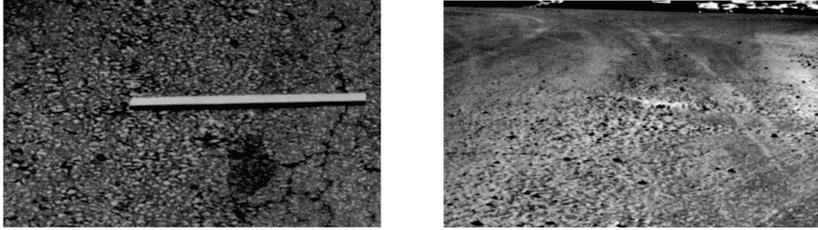
P. Pelepasan Butir

Pelepasan butir diukur dalam meter persegi atau luas permukaan.

Tabel 1.19 Tingkat Kerusakan Pelepasan Butir

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	Agregat atau bahan pengikat mulai lepas. Di beberapa tempat, permukaan mulai berlubang. Jika ada tumpahan oli, genangan oli dapat terlihat, tapi permukaannya keras, tak dapat ditembus mata uang logam.
<i>Medium</i>	Agregat atau pengikat telah lepas. Tekstur permukaan agak kasar dan berlubang. Jika ada tumpahan oli permukaannya lunak, dan dapat ditembus mata uang logam.
<i>High</i>	Agregat atau pengikat telah banyak lepas. Tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Diameter luasan lubang <4 in (10 mm) dan kedalaman ½ in (13 mm). Luas lubang lebih besar dari ukuran ini, dihitung sebagai kerusakan lubang (photoles). Jika ada tumpahan oli permukaannya lunak, pengikat aspal telah hilang ikatannya sehingga agregat menjadi longgar.

Gambar 1.21 Kerusakan Pelepasan Butir



1.11. Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan

Penilaian kondisi permukaan jalan merupakan salah satu tahapan untuk menentukan jenis program evaluasi yang perlu dilakukan. Dua metode yang dapat digunakan dalam melakukan penilaian kondisi jalan adalah metode Bina Marga dan metode PCI (*Pavement Condition Index*). Kondisi kerusakan jalan melalui survei atau pengamatan secara visual, yaitu dengan mengukur panjang, lebar, dalam serta luasan dari tiap kerusakan yang terjadi, selanjutnya dianalisis dengan Metode Bina Marga dan *Pavement Condition Index* (PCI). Dari hasil analisis menggunakan metode tersebut nantinya dapat ditentukan jenis pemeliharaan perkerasan jalan yang diperlukan.

Penilaian kondisi perkerasan jalan dilakukan terhadap jenis kerusakan yang didapat dari hasil survei. Kondisi kerusakan tersebut secara umum diantaranya adalah sebagai berikut;¹⁸

- a. Retak-retak (*Cracking*)
- b. Perubahan bentuk (*Distorsi*)
- c. Cacat permukaan (*Disintegration*)
- d. Pengausan (*Polished Aggregate*)
- e. Kegemukan (*Bleeding/Flushing*)
- f. Penurunan pada penanaman utilitas.

18 Sukirman, S., *Loc.Cit.*, 224.

1.11.1. Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Metode Bina Marga¹⁹

Penilaian kondisi berdasarkan Metode Bina Marga dilakukan dengan cara survei, dimana berjalan kaki sepanjang jalan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan survei adalah sebagai berikut:

- a. Kekasaran Permukaan (*Surface Texture*)
- b. Lubang-lubang (*Pot Holes*)
- c. Tambalan (*Patching*)
- d. Retak-retak (*Cracking*)
- e. Alur (*Ruting*)
- f. Amblas (*Depression*)

Penentuan angka dan nilai untuk masing-masing keadaan dapat dilihat pada Tabel 1.20. Dengan menjumlahkan nilai-nilai keseluruhan keadaan maka didapatkan nilai kondisi jalan.

Tabel 1.20 Nilai Kondisi Jalan Berdasarkan Jenis Kerusakan

Retak-Retak	
Tipe	Angka
Buaya	5
Acak	4
Melintang	3
Memanjang	1
Tidak Ada	1
Lebar	Angka
> 2 mm	3
1 - 2 mm	2
< 1 mm	1
Tidak Ada	0

¹⁹ Direktorat Jenderal Bina Marga, *Tata Cara Penyusunan Pemeliharaan Jalan Kota (No. 018/T/BNKT/1990)*, (Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1990), hlm. 12.

Jumlah Kerusakan	
Luas	Angka
> 30 %	3
10 - 30 %	2
< 10 %	1
0	0
Alur	
Kedalaman	Angka
> 20 mm	7
11 - 20 mm	5
6 - 10 mm	3
0 - 5 mm	1
Tidak Ada	0
Tambalan dan Lubang	
Luas	Angka
> 30 %	3
20 - 30 %	2
10 - 20 %	1
< 10 %	0
Kekasaran Permukaan	
	Angka
Disintegration	4
Pelepasan Butir	3
Rough (Hungry)	2
Fatty	1
Close Texture	0

Amblas	
	Angka
> 5 /100 m	4
2 - 5/ 100 m	2
0 - 2/ 100 m	1
Tidak Ada	0

Tabel 1.21 Nilai Kondisi Jalan Berdasarkan Total Angka Kerusakan

Penilaian Kondisi	
Angka	Nilai
26 - 29	9
22 - 25	8
19 - 21	7
16 - 18	6
13 - 15	5
10 - 12	4
7 - 9	3
4 - 6	2
0 - 3	1

1.11.2. Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Metode PCI²⁰

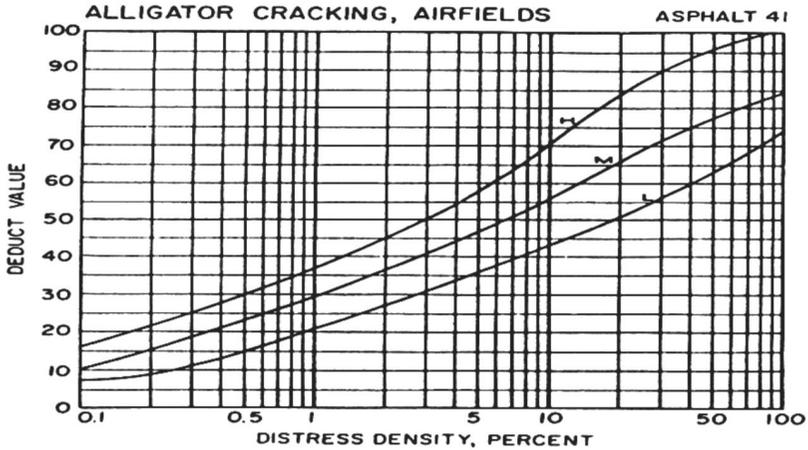
Penilaian kondisi berdasarkan *Pavement Condition Index* adalah sistem perangkaan berulang dalam mengidentifikasi kondisi perkerasan jalan dengan rentang nilai dari 0 (nol) sampai 100 (seratus). Penentuan nilai dari metode ini adalah:

A. Nilai Pengurang atau *Deduct Value (DV)*.

Nilai pengurang adalah suatu nilai pengurang untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari suatu grafik hubungan kerapatan (*density*) dan tingkat keparahan (*severity level*).

²⁰ Shahin, M. Y., *Op.Cit.*, hlm. 17-32.

Grafik 1.3 Deduct Value untuk Alligator Cracking



B. Kerapatan (Density)

Kerapatan adalah presentase luas atau panjang total dari satu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total bagian jalan yang diukur untuk dijadikan sampel. Kerapatan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$Density = Ad/As \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

atau

$$Density = Ld/As \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana:

Ad : luas total dari satu jenis perkerasan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan (m²)

As : luas total unit sampel (m²)

Ld : panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat keparahan kerusakan (m²).

C. Nilai Pengurangan Total atau Total Deduct Value (TDV).

Nilai pengurangan total adalah jumlah total dari nilai pengurangan pada masing-masing unit sampel atau nilai total dari *individual deduct value* untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu unit sempel.

D. Nilai Pengurangan Terkoreksi atau *Corrected Deduct Value (CDV)*.

Nilai yang diperoleh dari grafik hubungan antara nilai pengurangan total (TDV) dan nilai pengurangan (DV) dengan memilih grafik yang sesuai. Jika nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai pengurangan tertinggi atau *Highest Deduct Value (HDV)*, maka CDV yang digunakan adalah nilai pengurang individual yang tertinggi. Setelah CDV diperoleh, maka PCI untuk setiap unit sampel dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$PCI_s = 100 - CDV \dots\dots\dots (4.1)$$

dengan:

PCI_s : nilai PCI setiap sampel,

CDV : nilai CDV untuk setiap sampel.

Nilai PCI perkerasan secara keseluruhan pada ruas jalan tertentu adalah:

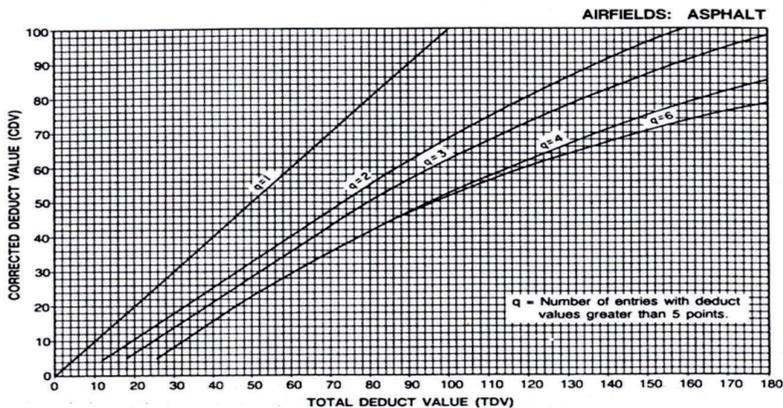
$$PCI = \sum PCI(s) / N \dots\dots\dots (4.2)$$

dimana:

PCI : nilai PCI rata-rata dari seluruh area penelitian,

N : jumlah unit sampel.

Grafik 1.4 Hubungan Antara Total Deduct Value (TDV) dan Corrected Deduct Value (CDV)



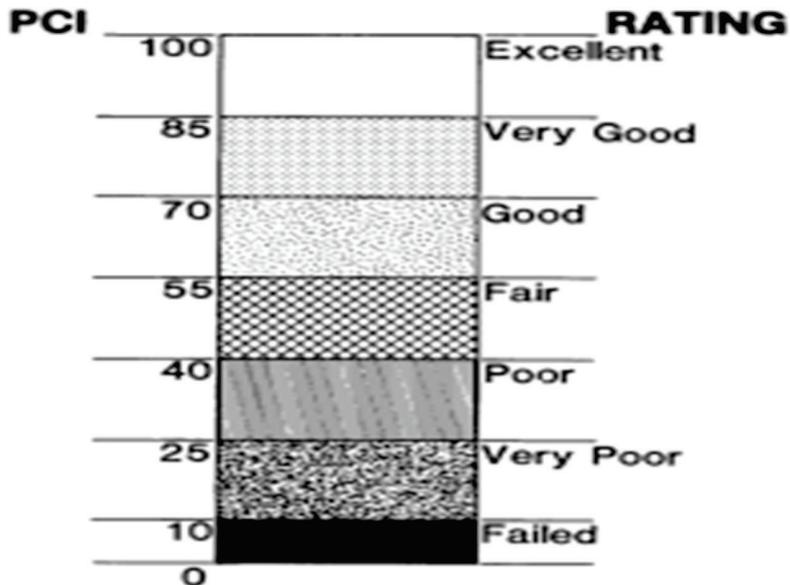
E. Klasifikasi Kualitas Perkerasan.

Dari nilai PCI untuk masing-masing unit penelitian dapat diketahui kualitas lapisan perkerasan per segmen berdasarkan kondisi tertentu, yaitu; sempurna (*excellent*), sangat baik (*very good*), baik (*good*), sedang (*fair*), jelek (*poor*), sangat jelek (*very poor*), dan gagal (*failed*).

Tabel 1.22 Kondisi Perkerasan Berdasarkan Nilai PCI

Penilaian Kondisi	Rating	Nilai
86 - 100	Sempurna (<i>Excellent</i>)	3
71 - 85	Sangat baik (<i>Very Good</i>)	4
56 - 70	Baik (<i>Good</i>)	5
41 - 55	Sedang (<i>Fair</i>)	6
26 - 40	Buruk (<i>Poor</i>)	7
11 - 25	Sangat buruk (<i>Very Poor</i>)	8
0 - 10	Buruk (<i>Failed</i>)	9

Gambar 1.22 Klasifikasi Kualitas Perkerasan



1.11.3. Perbedaan Antara Metode Bina Marga dengan PCI

Dalam pemberian penilaian kondisi kerusakan perkerasan jalan metode Bina Marga dan PCI, ada beberapa perbedaan pokok sebagai pedoman, terutama dalam pelaksanaan survei:

- a. Menurut Bina Marga, kategori tingkat kerusakan ditentukan berdasarkan presentase luas jalan yang diteliti dengan luas kerusakan, terutama untuk jenis kerusakan tambalan, lubang, dan ambles. Sedangkan dalam penilaian angka kerusakan ditentukan menurut jenis, lebar, luas dan lain-lainnya.
- b. Menurut PCI, jenis kerusakan tambalan, lubang dan ambles ditentukan luasnya, kedalaman lubang dan diameternya. Sedangkan penilaian kerusakan ditentukan berdasarkan grafik.

1.12. Urutan Prioritas Program Pemeliharaan Jalan²¹

Urutan prioritas pemeliharaan jalan berdasarkan metode Bina Marga dan PCI dihitung dengan memakai rumus sebagai berikut:

Urutan Prioritas = $17 - (\text{Kelas LHR} + \text{Nilai-Kondisi Jalan})$
 Kelas LHR = Kelas lalu-lintas untuk pekerjaan Pemeliharaan (lihat Tabel 1.21.)

Nilai Kondisi Jalan = Nilai yang diberikan terhadap kondisi jalan (lihat Tabel 1.20.)

Urutan prioritas jenis penanganan Pemeliharaan maupun program Rehabilitasi terhadap ruas jalan dapat ditentukan sebagai berikut ;

- a. Urutan prioritas 0 - 3, menandakan bahwa jalan-jalan yang terletak pada urutan prioritas ini dimasukkan ke dalam program peningkatan.
- b. Urutan prioritas 4 - 6, menandakan bahwa jalan-jalan yang terletak pada urutan prioritas ini dimasukkan ke dalam

²¹ Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990, *Op.Cit.*, hlm. 10-14.

program pemeliharaan berkala.

- c. Urutan prioritas > 7, menandakan bahwa jalan-jalan yang terletak pada urutan prioritas ini dimasukkan ke dalam program pemeliharaan rutin.

1.13. Standar Penanganan Kondisi Kerusakan Perkerasan Jalan

Penanganan kerusakan perkerasan jalan pada lapisan lentur menggunakan metode perbaikan standar Direktorat Jenderal Bina Marga 1995. Ada 6 (enam) metode penanganan yang digunakan tergantung jenis kerusakan permukaan jalan tersebut, yaitu;²²

1.13.1. Metoda Perbaikan P1: Penebaran Pasir

1. Jenis Kerusakan:

- a. Kegemukan aspal pada perkerasan jalan
- b. Kegemukan aspal pada bahu jalan yang beraspal.

2. Fleet UPR yang Diperlukan:

- a. *Dump Truck*
 - b. *Flat Bed Truck Dilengkapi Crane*
 - c. *Air Compressor*
 - d. *Baby Roller*
 - e. Alat Bantu & Rambu Pengaman
 - f. *Lampu/Generator Set.**)
- *) Untuk kegiatan malam hari.

3. Bahan

- a. Pasir kasar

4. Uraian

Langkah 1

- a. Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan
- b. Tempatkan rambu pengaman pada areal perbaikan dan alihkan lalu lintas
- c. Siapkan peralatan.

Langkah 2

- a. Bersihkan daerah tersebut dengan *Air Compressor*

²² Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Pemeliharaan Rutin untuk Jalan Nasional dan Jalan Propinsi, Jilid II: Metode Perbaikan Standar (No. 002/T/BT/1995)*, (Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1995), hlm. 6-13.

- b. Tandai daerah yang akan diperbaiki
- c. Taburkan pasir kasar pada daerah yang akan diperbaiki (ketebalan > 10 mm)
- d. Padatkan dengan *Baby Roller*.

Langkah 3

- a. Angkat peralatan dengan menggunakan *Flat Bed Truck* yang dilengkapi dengan *Crane*
- b. Angkat kembali rambu pengaman
- c. Demobilisasi.

1.13.2. Metoda Perbaikan P2: Pengaspalan

1. Jenis Kerusakan:

- a. Kerusakan tepi bahu jalan beraspal
- b. Retak buaya < 2 mm
- c. Retak buaya < 2mm (pada bahu jalan)
- d. Retak garis, lebar < 2 mm
- e. Terkelupas.

2. *Fleet UPR yang Diperlukan:*

- a. *Dump Truck*
- b. *Flat Bed Truck* dilengkapi *Crane*
- c. *Air Compressor*
- d. *Baby Roller*
- e. *Asphalt Sprayer* atau *Asphalt Kettle*
- f. Alat Bantu & Rambu Pengaman
- g. Lampu/*Generator Set.**)
- *) Untuk kegiatan malam hari.

3. Bahan

- a. Aspal Emulsi atau "*Cut Back*"
- b. Pasir kasar atau agregat 5 mm.

4. Uraian

Langkah 1

- a. Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan
- b. Tempatkan rambu pengaman pada areal perbaikan dan alihkan lalu lintas
- c. Siapkan peralatan.

Langkah 2

- a. Bersihkan daerah kerja tersebut dengan *Air Compressor*
- b. Tandai daerah yang akan diperbaiki

- c. Semprotkan aspal emulsi 1.5 liter/m² di daerah yang akan diperbaiki. Untuk “*cut back*” 1 liter /m² (proporsi sesuai dengan percobaan di lapangan)
- d. Dengan aspal emulsi, tunggu sampai aspal mulai pecah sebelum langkah 3 berikut. (Aspal emulsi berubah warna dari coklat menjadi hitam bila retak).

Langkah 3

- a. Taburkan pasir kasar atau agregat 5 mm di daerah yang akan diperbaiki
- b. Padatkan pasir atau agregat dengan *Baby Roller*. (Minimum 3 lintasan)
- c. Angkat peralatan dengan menggunakan *Flat Bed truck* yang dilengkapi dengan *Crane*
- d. Angkat kembali rambu pengaman
- e. Demobilisasi.

1.13.3. Metoda Perbaikan P3: Penutupan Retak

1. Jenis Kerusakan:

- a. Retak garis < 2 mm (gunakan untuk berbagai retak).

2. *Fleet UPR yang Diperlukan:*

- a. *Dump Truck*
- b. *Flat Bed Truck* dilengkapi *Crane*
- c. *Air Compressor*
- d. *Baby Roller*
- e. *Concrete Mixer*
- f. *Asphalt Sprayer*
- g. *Pick Up Truck*
- h. Alat Bantu & Rambu Pengaman
- i. Lampu/*Generator Set* *).

*) Untuk kegiatan malam hari.

3. Bahan

- a. Aspal Emulsi atau “*Cut Back*”
- b. Pasir kasar.

4. Uraian

Langkah 1

- a. Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan
- b. Tempatkan rambu pengaman pada areal perbaikan dan alihkan lalu lintas

c. Siapkan peralatan.

Langkah 2

- a. Bersihkan daerah tersebut dengan *Air Compressor*
- b. Tandai daerah yang akan diperbaiki
- c. Aduk aspal emulsi dan pasir kasar dengan menggunakan *Concrete Mixer* dengan komposisi sebagai berikut:
 - Pasir : 20 Liter
 - Aspal Emulsi : 6 Liter.

Langkah 3

- a. Semprotkan *Tack Coat* (0.2 liter/m²) di daerah yang diperbaiki
- b. Taburkan campuran aspal di daerah yang akan diperbaiki (minimum ketebalan 10 mm)
- c. Padatkan campuran aspal tersebut dengan *Baby Roller*
- d. Angkat kembali rambu pengaman
- e. Demobilisasi.

1.13.4. Metoda Perbaikan P4: Pengisian Retak

1. Jenis Kerusakan:

- a. Retak Garis , Lebar > 2 mm.

2. Fleet UPR yang Diperlukan:

- a. *Flat Bed Truck* dilengkapi *Crane*
- b. *Air Compressor*
- c. *Baby Roller*
- d. *Asphalt Sprayer* atau *Asphalt Kettle*
- e. *Pick Up Truck*
- f. Alat Bantu & Rambu Pengaman
- g. Lampu/*Generator Set* *).
- *) Untuk kegiatan malam hari.

3. Bahan

- a. Aspal Emulsi atau "*Cut Back*"
- b. Pasir kasar.

4. Uraian

Langkah 1

- a. Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan
- b. Tempatkan rambu pengaman pada areal perbaikan dan alihkan lalu lintas
- c. Siapkan peralatan.

Langkah 2

- a. Bersihkan daerah tersebut dengan *Air Compressor*
- b. Tandai daerah yang akan diperbaiki
- c. Isi retak dengan aspal emulsi menggunakan *Asphalt Sprayer* atau *Asphalt Kettle*.

Langkah 3

- a. Taburkan pasir kasar di daerah yang diperbaiki (tebal 10 mm)
- b. Padatkan pasir tersebut dengan *Baby Roller* (minimum 3 lintasan)
- c. Angkat peralatan menggunakan *Flat Bed Truck* dengan *Crane*
- d. Angkat kembali rambu pengaman
- e. Demobilisasi.

1.13.5. Metoda Perbaikan P5: Penambalan Lubang

1. Jenis Kerusakan:

- a. Lubang, kedalaman > 50 mm
- b. Bergelombang, dalam > 30 mm
- c. Alur, kedalaman > 30 mm
- d. Ambles, kedalaman > 50 mm
- e. Jembul, kedalaman > 50 mm
- f. Kerusakan Tepi Perkerasan Jalan
- g. Retak Buaya, lebar > 2 mm
- h. Lubang > 50 mm pada Bahu Jalan
- i. Ambles > 50 mm pada Bahu Jalan
- j. Jembul > 50 mm pada Bahu Jalan
- k. Fletak Buaya > 2 mm (bahu jalan yang beraspal)

2. *Fleet UPR* yang Diperlukan:

- a. *Dump Truck*
- b. *Flat Bed Truck* dilengkapi *Crane*
- c. *Air Compressor*
- d. *Baby Roller*
- e. *Asphalt Sprayer* atau *Asphalt Kettle*
- f. *Concrete Mixer* atau *Pan Mixer*
- g. *Vibrating Plate Tamper*
- h. *Vibrating Rammer*
- i. Rambu Pengaman

- j. *Trailer*
- k. *Vibrating Roller*
- l. Lampu/*Generator Set* *).
- *) Untuk kegiatan malam hari.

3. Bahan

- a. Aspal Emulsi atau "*Cut Back*"
- b. Agregat Klas "A".
- c. Agregat untuk campuran Aspal Dingin:
 - Agregat kasar (0.5 - 2 cm)
 - Agregat halus (< 0.5 cm)
 - Kadar debu < 6%.

4. Uraian

Langkah 1

- a. Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan
- b. Tempatkan rambu pengaman pada areal perbaikan dan alihkan lalu lintas
- c. Siapkan peralatan.

Langkah 2

- a. Bersihkan daerah tersebut dengan *Air Compressor*
- b. Tandai daerah yang akan diperbaiki
- c. Gali material pondasi jalan hingga lapisan keras (biasanya kedalaman perkerasan jalan 150 - 200 mm, harus dibobok/digali)
- d. Periksa kadar air optimum material perkerasan jalan yang ada. Jika kering tambahkan air hingga keadaan optimum (OMC). jika basah gali material dan biarkan sampai kering.

Langkah 3

- a. Gunakan *Vibrating Rammer* untuk memadatkan material lapisan dasar yang ada
- b. Tambahkan agregat klas "A" dengan ketebalan max. 100 mm. dalam keadaan OMC
- c. Padatkan tiap tapis agregat Klas "A" sampai 40 mm di bawah permukaan, dengan *Vibrating Plate Tamper*
- d. Laburkan *Prime Coat* dengan menggunakan *Asphalt Sprayer* (0.5 liter/m² untuk "*cut back*" atau 0.8 liter/m² untuk aspal emulsi)

(Komposisi pemakaian tergantung pada kondisi lapangan).

Langkah 4

- a. Aduk agregat untuk campuran dingin dalam *concrete mixer*. Perbandingan:
1.5 agregat kasar/1.0 agregat halus
- b. Kapasitas maximum mixer kira-kira 0.1 M³. Untuk campuran dingin, tambahkan semua agregat (0.1 M³) sebelum aspal
- c. Tambahkan aspal dan aduk selama 4 menit.
Siapkan campuran aspal dingin secukupnya untuk keseluruhan dari pekerjaan ini.

Langkah 5

- a. Taburkan campuran aspal dingin di atas permukaan
- b. Padatkan dengan *Baby Roller* (min. 5 lintasan).
Tambahkan material jika diperlukan
- c. Bersihkan lapangan dan periksa kerataan dengan permukaan yang ada.

Langkah 6

- a. Angkat peralatan dengan menggunakan *Flat Bed truck* yang dilengkapi dengan *crane*
- b. Angkat kembali rambu pengaman
- c. Demobilisasi.

1.13.6. Metoda Perbaikan P6: Perataan

1. Jenis Kerusakan:

- a. Lubang, kedalaman < 50 mm
- b. Bergelombang kedalaman < 30 mm
- c. Alur, kedalaman < 30 mm
- d. Amblas, kedalaman < 50 mm
- e. Jembul, kedalaman < 50 mm
- f. Lubang < 50 mm pada bahu jalan
- g. Ambles < 50 mm pada bahu jalan
- h. Jembul < 50 mm pada bahu jalan
- i. Penurunan slab di sambungan.

2. *Fleet UPR* yang Diperlukan:

- a. *Dump Truck*
- b. *Flat Bed Truck* dilengkapi *Crane*

- c. *Air Compressor*
 - d. *Baby Roller*
 - e. *Asphalt Sprayer* atau *Asphalt Kettle*
 - f. *Concrete Mixer* atau *Pan Mixer*
 - g. Rambu Pengaman
 - h. *Trailer*
 - i. *Vibrating Roller*
 - j. Lampu/*Generator Set* *).
- *) Untuk kegiatan malam hari.

3. Bahan

- a. Aspal Emulsi atau "*Cut Back*"
- b. Agregat untuk campuran Aspal Dingin:
 - Agregat kasar (0.5 - 2 cm
 - Agregat halus (< 0.5 cm) Kadar debu < 6%.

4. Uraian

Langkah 1

- a. Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan
- b. Tempatkan rambu pengaman pada areal perbaikan dan alihkan lalu lintas
- c. Siapkan peralatan .

Langkah 2

- a. Bersihkan daerah tersebut dengan *Air Compressor*
- b. Tandai daerah yang diperbaiki
- c. Leburkan *tack coat* pada daerah kerusakan (0.5 liter/m² untuk aspal emulsi atau 0.2 liter/m² untuk "*cut back*").

Langkah 3

- a. Aduk agregat untuk campuran dingin dengan *concrete mixer*. Perbandingan:
1,5 agregat kasar/1,0 agregat halus
- b. Kapasitas maximum kira-kira 0.1 m³. Untuk campuran dingin tambahkan agregat (0.1 m³) sebelum aspal.
- c. Tambahkan material aspal dan aduk selama 4 menit. Siapkan campuran aspal dingin secukupnya sampai pekerjaan selesai.

Langkah 4

- a. Taburkan campuran aspal dingin pada permukaan yang telah diberi lekatan (min. ketebalan 10 mm)

- b. Padatkan dengan *Baby Roller* (minimum 5 lintasan). Siapkan material tambahan jika diperlukan.
- c. Bersihkan lapangan dan periksa kerataan dengan permukaan yang ada.

Langkah 5

- a. Angkat peralatan dengan menggunakan *Flat Bed Truck* yang dilengkapi dengan *crane*
- b. Angkat kembali rambu pengaman
- c. Demobilisasi.

1.14. Tahapan Perhitungan

1.14.1. Persiapan

Sebelum diadakan pengukuran ke lokasi studi, dapat dilakukan persiapan, sebagai berikut:

1. Mencari informasi baik dari instansi terkait maupun masyarakat setempat, dengan tujuan mengetahui dan mendapat gambaran umum tentang permasalahan penyebab kerusakan jalan dan saat yang tepat untuk melaksanakan survei pada lokasi penelitian.
2. Alat dan blangko jenis kerusakan. Alat-alat survei yang dipersiapkan, seperti:
 - a. *Roll* meter untuk mengukur panjang, lebar dan dalam.
 - b. Camera untuk mendokumentasikan hasil survei.
 - c. Mistar ukur untuk menentukan kedalaman kerusakan dari bidang datar.
 - d. Cat untuk memberi tanda jarak setiap 100 meter.
 - e. Alat tulis, blangko dan lain-lainnya.

Berikut contoh blangko pengukuran setiap jenis kerusakan pada tiap Segmen Jalan.

Blanko 1.1 Kondisi Kerusakan Perkerasan Jalan Metode Bina Marga (1990)

DIREKTORAT PEMBINA JALAN KOTA		Propinsi :		No. Ruas	No. Link	Hal	DR	
		Kab/Kota :		Awal	Dari Node	SKJ-1		
				Surveyor	Tgl			
S.T.A	PERMUKAAN PERKERASAN						Amblas	
	Kekasaran	Lubang	Tambalan	Retak		Alur		
				Tipe	Lebar			
Kekasaran Permukaan		Tambalan			Alur			
- Fatty (f)		- Jumlah :			- Panjang : ... mm			
- Hungry (h)		- Luas :			- Dalam : ... mm			
- Disintegration (d)								
Lubang		Retak		Buaya		Amblas		
- Jumlah :		- Memanjang		- Panjang : ... mm		- Jumlah : ... mm		
- Luas :		- Melintang		- Acak : ... mm		- Dalam : ... mm		
		- Acak						

Blanko 1.2 Kondisi Kerusakan Perkerasan Jalan Metode PCI

Segmen	SL	Luas (m ²)						
		Retak Memanjang	Retak Melintang	Retak Buaya	Pelepasan Butir	Tambalan	Amblas	Sungkur
1	4	6	9	12	9	9	9	9
	L							
	M							
	H							
	L							
	M							
	H							

1.15. Data-data Perencanaan

Data-data yang diperlukan antara lain:

1. Data Primer, yaitu data yang diperoleh melalui pengamatan atau survei di ruas jalan yang diteliti. Adapun tahapan kegiatan survei tersebut meliputi:
 - a. Penetapan *Stationing*.
 Penetapan *stationing* dilakukan pada awal kegiatan sebelum diadakan pengukuran kerusakan. Karena pengukuran detail akan mengacu pada hasil penetapan *stationing* ini. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi umum perkerasan, data geometrik dan jenis kerusakan yang sering terjadi. Penetapan *stationing* awal ditentukan dari titik km 2 + 675 - km 5 + 675, yaitu sepanjang 3,00 km, sedangkan lebar perkerasan jalan adalah 3,50 m. Untuk memudahkan

pengelompokan kerusakan, dibagi menjadi 30 segmen dan tiap segmen diambil sepanjang 100 meter.

Gambar 1.23 Pembagian Segmen Ruas Jalan

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

- b. Pelaksanaan Pengukuran.
Pengukuran dilakukan dengan mengamati setiap kerusakan kondisi jalan dan mengukur panjang, lebar, dalam dari kerusakan perkerasan kemudian dimasukkan kedalam blangko sesuai jenis, tingkat maupun kelompok kerusakan. Pengukuran dilakukan pada setiap segmen dari segmen 1 (satu) sampai dengan segmen 30 (tiga puluh)
2. Data Sekunder, yaitu data yang diperoleh dari instansi yang terkait, dalam hal ini adalah Dinas Pekerjaan Umum. Data-data yang di perlukan adalah sebagai berikut:
 - a. Peta ruas jalan kabupaten.
 - b. Data Induk Jaringan Jalan Kabupaten.
 - c. Volume Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR).
 - d. Blangko Survei.
 - e. Analisa Harga Satuan Pekerjaan.
 - f. Data existing jalan serta *overlay* terakhir.

1.16. Prosedur Analisis Data

Dari data hasil survei jenis kerusakan yang telah didapatkan, kemudian dilakukan rekapitulasi data. Selanjutnya berdasarkan data tersebut dianalisis dengan Metode Bina Marga dan Metode *Pavement Condition Index* (PCI).

1.16.1. Prosedur Analisis Data Metode Bina Marga

Prosedur Analisis Data Metode Bina Marga ditetapkan seperti urutan berikut:

1. Menentukan jenis jalan dan kelas jalan.
2. Menentukan LHR untuk jalan yang disurvei dan tetapkan nilai kelas jalan dengan membuat tabel hasil survei dan mengelompokkan data sesuai dengan jenis kerusakan.
3. Menghitung parameter untuk setiap jenis kerusakan dan melakukan penilaian terhadap setiap jenis kerusakan.
4. Menjumlahkan angka kerusakan untuk semua jenis kerusakan, sehingga didapat nilai total angka kerusakan.
5. Menetapkan nilai kondisi jalan berdasarkan total angka kerusakan.
6. Nilai Prioritas Jalan.

Urutan prioritas dihitung dengan rumus = $17 - (\text{kelas LHR} + \text{Nilai kondisi jalan})$. Selanjutnya dari nilai prioritas tersebut dapat ditentukan program pemeliharaan jalan yang diperlukan.

1.16.2. Prosedur Analisis Data Metode PCI.

Prosedur analisis data metode PCI ditetapkan sebagai berikut:

1. **Menetapkan *Deduct Value***
 - a. Jumlahkan total tiap tipe kerusakan pada masing-masing tingkat keparahan.
 - b. Bagi hasil perhitungan (a) dengan total luas ruas jalan (dalam persen).
 - c. Menentukan *Deduct Value* untuk masing-masing tipe kerusakan dan kombinasi tingkat keparahan berdasar Grafik penentuan *Deduct Value* (Shahin 1994).
2. **Menentukan Nilai Izin dari *Deduct* (m)**
 - a. Jika hanya satu *Deduct Value* dengan nilai > 5 untuk lapangan udara dan > 2 untuk jalan, maka total *Deduct Value* digunakan sebagai *Corrected Deduct Value*, jika tidak maka dilanjutkan pada tahap berikut ini,
 - b. Urutkan *Deduct Value* dari nilai terbesar.
 - c. Menentukan nilai m dengan menggunakan rumus:

$$m = 1 + (9/98) \times (100 - HDV) \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

m : nilai izin *Deduct*.

HDV : nilai tertinggi dari *Deduct*.

Masing-masing *Deduct Value* dikurangkan terhadap m . Jika jumlah nilai hasil pengurangan yang lebih kecil dari m ada maka semua *Deduct Value* dapat digunakan.

3. Menentukan CDV Maksimum (*Corrected Deduct Value*)

- a. Menentukan jumlah nilai *Deduct* yang lebih besar dari 2 (q).
- b. Menentukan nilai Total *Deduct* dengan menjumlahkan tiap nilai *Deduct*.
- c. Menentukan CDV dari perhitungan (a) dan (b) dengan menggunakan Grafik *Corrected Deduct Value*.
- d. Nilai *Deduct* terkecil dikurangkan terhadap 2.0 kemudian ulangi langkah (a) sampai (c) hingga memperoleh nilai $q = 1$.

CDV maksimum adalah CDV terbesar pada proses iterasi di atas.

4. Menghitung PCI (*Pavement Condition Index*) dengan Rumus:

$$PCI = 100 - CDV_{maks} \dots\dots\dots (6)$$

5. Penentuan Klasifikasi Kualitas Perkerasan.

Besarnya nilai yang didapat dari hasil perhitungan PCI dapat diklasifikasikan kedalam Gambar 2.21 halaman 39, sehingga klasifikasi kualitas perkerasan dapat ditentukan.

6. Bentuk Pemeliharaan Berdasarkan PCI

Setelah nilai kondisi jalan didapat, urutan prioritas pemeliharaan dihitung dengan rumus: $17 - (\text{Kelas LHR} + \text{Nilai kondisi jalan})$. Dengan demikian, bentuk pemeliharaan berdasarkan PCI dapat ditentukan dari hasil perhitungan tersebut.

1.17. Contoh Perhitungan pada Studi Kasus Ruas Jalan

Ruas jalan Senganan – Jatiluh merupakan jalan Kabupaten yang melayani arus lalu lintas 2 arah. Panjang lokasi penelitian adalah 3000 meter, dan panjang per-segmen diambil 100 meter. Posisi *stationing* awal dimulai dari km 2 + 675, yaitu simpang Soka dan posisi *stationing* akhir pada titik km 5 + 675. Kondisi existing perkerasan jalan menggunakan lapis AC ketebalan 5 cm

dan *overlay* terakhir tahun 2009. Lebar perkerasan 3,50 meter sedangkan bahu jalan berkisar antara 1,50 meter sampai dengan 2,00 meter. Pelaksanaan survei visual kondisi permukaan perkerasan jalan dilakukan dan hasilnya dituangkan ke dalam blangko kerusakan dan disajikan pada data primer, selanjutnya dianalisis dengan metode Bina Marga dan PCI.

1.17.1. Analisis Data Metode Bina Marga

- a. Menurut data sekunder, nilai LHR ruas jalan Senganan – Jatiluhik sebesar 126 smp/hari, sehingga nilai kelas jalan adalah 2.
- b. Untuk kerusakan kelompok kekasaran permukaan, tambalan dan lubang didasarkan pada jenis kerusakan saja. Sedangkan untuk jenis kerusakan retak angka kerusakan diperhitungkan menurut jenis retak, lebar retak, dan luas kerusakannya. Untuk nilai kelompok retak diambil angka terbesar dari ketiga komponen di atas. Untuk alur angka kerusakan didasarkan pada besar kedalaman alur yang terjadi, sedangkan untuk amblas angka kerusakan didasarkan pada panjang amblas per 100 meter. Hasil rekapitulasi penentuan angka kerusakan perkerasan tersaji pada Tabel 1.23, dengan penjelasan: Jenis kerusakan kulit buaya dari hasil survei blangko (1a + 1b) didapat luas pada kelompok < 1 mm (L) = 155 m² dan 1 – 2 mm, dan (M) = 39 m². Jadi menurut tipe diberi angka 5, menurut lebar diberi nilai 2 dan 1, menurut luas diberi angka 2. Karena yang dipakai adalah yang terbesar maka diambil angka kerusakan tipe retak kulit buaya adalah yang terbesar yaitu 5.

Tabel 1.23 Rekapitulasi Penentuan Angka Kerusakan Perkerasan

Jenis Kerusakan	Angka Kerusakan menurut:					Angka Kerusakan
	Jenis	Lebar	Luas	Kedalaman	Panjang	
Retak kulit buaya	5	2	2	-	-	5
Retak memanjang	2	1	1	-	-	2
Retak melintang	3	1	1	-	-	3

Tambalan	0	-	-	-	-	0
Pelepasan butir	3	-	-	-	-	3
Lubang	0	-	-	-	-	0
Alur	-	-	-	5	-	5
Amblas	-	-	-	-	2	2
Total Angka Kerusakan						20

Sumber: Hasil Analisis

- c. Nilai kondisi perkerasan jalan yaitu dengan total angka kerusakan sebesar 20, maka nilai kondisi jalan menurut Metode Bina Marga adalah 7.

1.17.2. Analisis Data Metode *Pavement Condition Index*

Analisis data dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

- a. Analisis data hasil Rekapitulasi Penetapan *deduct value* tersaji pada Tabel 1.24, dengan penjelasan pada jenis kerusakan retak kulit buaya yaitu nilai:

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= (Ld/As) \times 100\% \\
 &= ((155/(3,5 \times 3000 \text{ m})) \times 100\% \\
 &= 1,48.
 \end{aligned}$$

Sedangkan *Deduct Value* berdasarkan nilai *density* 1,48 dengan *severity level Low* didapat nilai *Deduct Value* 28.

Tabel 1.24 Rekapitulasi Penetapan *Deduct Value*

Jenis Kerusakan	Severity	Total Kerusakan (m ²)	Density (%)	Deduct Value
Retak kulit buaya	<i>Low</i>	155	1,48	28
	<i>Medium</i>	39	0,37	14
	<i>High</i>	-	-	-
Retak memanjang	<i>Low</i>	88	0,84	2,2
	<i>Medium</i>	41	0,39	5
	<i>High</i>	-	-	-

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Retak melintang	<i>Low</i>	15	0,14	0
	<i>Medium</i>	-	-	-
	<i>High</i>	-	-	-
Tambalan	<i>Low</i>	-	-	-
	<i>Medium</i>	10	0,10	0
	<i>High</i>	-	-	-
Pelepasan butir	<i>Low</i>	-	-	-
	<i>Medium</i>	28	0,27	7
	<i>High</i>	-	-	-
Lubang	<i>Low</i>	-	-	-
	<i>Medium</i>	4,45	0,04	19
	<i>High</i>	2,10	0,02	28
Alur	<i>Low</i>	-	-	-
	<i>Medium</i>	7	0,07	0
	<i>High</i>	-	-	-
Ambblas	<i>Low</i>	-	-	-
	<i>Medium</i>	10,50	0,10	0
	<i>High</i>	-	-	-
Jumlah				

Sumber: Hasil Analisis

b. Menghitung *Allowable Maximum Deduct Value* (m)

Nilai m dihitung dengan persamaan (5). Perhitungan nilai kondisi *deduct value* tertinggi adalah 28, sehingga nilai m menjadi:

$$m = 1 + (9/98) \times (100 - 28) \\ = 7,35$$

Kemudian nilai *deduct value* dikurangi dengan m, yaitu;

$$28 - 7,35 = 20,39$$

Jika setiap *deduct value* dikurangkan terhadap m maka didapat hasil seperti pada Tabel 1.25 berikut.

Tabel 1.25 Perbandingan ($DV - m$)

No	Deduct Value	Deduct Value - m	(DV - m) < m
1	28	20,39	No
2	19	12,39	No
3	14	6,30	Yes
4	7	-0,61	Yes
5	5	-2,61	Yes
6	2,2	-5,61	Yes

Sumber: Hasil Analisis

Karena terdapat nilai hasil selisih *deduct value* yang $< m$, maka data *deduct value* untuk ruas jalan Senganan – Jatiluh dapat digunakan semua.

c. Menentukan CDV (*Corrected Deduct Value*)

- Jumlah *deduct value* yang nilainya > 2 atau q pada ruas jalan ini, ada enam *deduct value* yang lebih besar dari 2 yang berarti nilai q adalah 6.
- Total *deduct value* (TDV) untuk ruas jalan dengan menjumlah seluruh *deduct value*. Jadi TDV = 75,20
- Menentukan CDV didasarkan pada nilai q dan TDV dengan menggunakan grafik CDV setelah dilakukan penelusuran didapatkan nilai CDV sebesar 22,20.
- *Deduct Value* yang mendekati nilai 2, dijadikan = 2 sehingga nilai q akan berkurang dan kemudian dilakukan kembali langkah a) hingga c) sampai diperoleh nilai $q = 1$. Hasil iterasi CDV disajikan pada Tabel 1.26 dan Tabel 1.27.

Tabel 1.26 Menghitung nilai TDV

Iterasi	q					
	6	5	4	3	2	1
1	28	28	28	28	28	28
2	19	19	19	19	19	2
3	14	14	14	14	2	2
4	7	7	7	2	2	2

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

5	5	5	2	2	2	2
6	2,2	2	2	2	2	2
TDV	75,2	75	72	67	55	38

Sumber: Hasil Analisis (2015)

- Dari hasil iterasi selanjutnya dapat ditentukan nilai CDV melalui penelusuran nilai TDV dengan q dengan hasil seperti Tabel 1.27. berikut.

Tabel 1.27 Hasil Iterasi CDV

Iterasi	q	TDV	CDV
1	6	75,2	36
2	5	75	38
3	4	72	40
4	3	67	44
5	2	55	40
6	1	38	38

Sumber: Hasil Analisis (2015)

- Berdasarkan Tabel 1.27 didapat nilai CDV maksimum sebesar 44
- d. Menentukan nilai *Pavement Condition Index* (PCI). Berdasarkan perhitungan nilai CDV maksimum di atas, didapatkan nilai PCI sebagai berikut: $PCI = 100 - 44 = 56$.
- e. Nilai kondisi perkerasan jalan berdasarkan Tabel 2.21, yaitu dengan angka PCI sebesar 56 (*good*), maka nilai kondisi jalan menurut Metode *Pavement Condition Index* adalah 5.

1.17.3. Analisis Program Pemeliharaan dan Penanganan Kerusakan

Dari nilai analisis perhitungan metode Bina Marga dan PCI, selanjutnya dapat ditentukan program pemeliharaan jalan yang diperlukan, sebagai berikut:

- a. Evaluasi kondisi ruas jalan yang dilakukan dengan menggunakan metode Bina Marga menghasilkan nilai kondisi 7, maka urutan prioritas pemeliharaan dapat dihitung

- yaitu: $17 - (\text{Kelas LHR} + \text{Nilai Kondisi Jalan})$ sehingga $17 - (2+7) = 8$. Karena $8 > 7$ maka pemeliharaan jalan tersebut dimasukkan dalam urutan prioritas pemeliharaan rutin.
- b. Evaluasi kondisi ruas jalan yang dilakukan dengan metode *Pavement Condition indeks* menghasilkan nilai 5, maka dengan rumus yang sama urutan prioritas dapat ditentukan, yaitu: $17 - (2 + 5) = 10$. Karena $10 > 7$, menandakan jalan tersebut mendapat prioritas dalam pemeliharaan rutin.
 - c. Program Pemeliharaan Jalan.
Jadi berdasarkan perbandingan kedua metode tersebut, yaitu metode Bina marga dan Metode PCI menghasilkan bentuk pemeliharaan yang sama, yaitu dengan pemeliharaan rutin.
 - d. Bentuk perbaikan atau penanganan pemeliharaan rutin yang dilakukan untuk mencegah jenis kerusakan perkerasan jalan, seperti pada Tabel 1.28.

Namun untuk mendapatkan kondisi jalan dalam kondisi mantap, kegiatan pemeliharaan rutin secara menyeluruh perlu dilakukan pada ruas jalan ini, seperti perbaikan drainase, bahu jalan dan pembuatan saluran pengarah (sekat) air hujan pada bahu jalan.

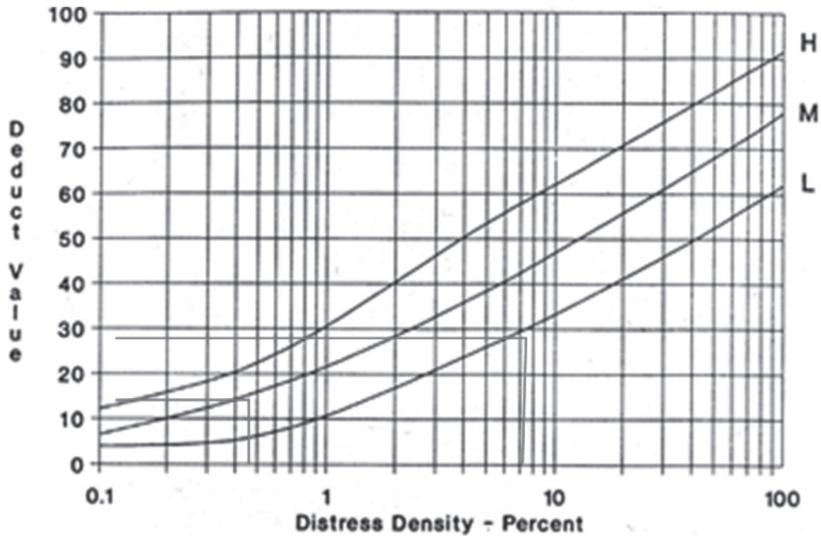
Tabel 1.28 Penanganan Pemeliharaan Rutin

No .	Jenis kerusakan	Luas (m ²)	Bentuk Penanganan Perbaikan
1	Retak < 2mm	338,00	P2 (Burtu)
2	Tambalan	10,00	P6 (Burda)
3	Pelepasan butir	28,00	P6 (Burda)
4	Lubang < 20mm	4,45	P6 (Burda)
5	Lubang > 20mm	2,10	P5 (Lapen)
6	Alur	7,00	P5 (Lapen)
7	Amblas < 5cm	10,50	P6 (Burda)

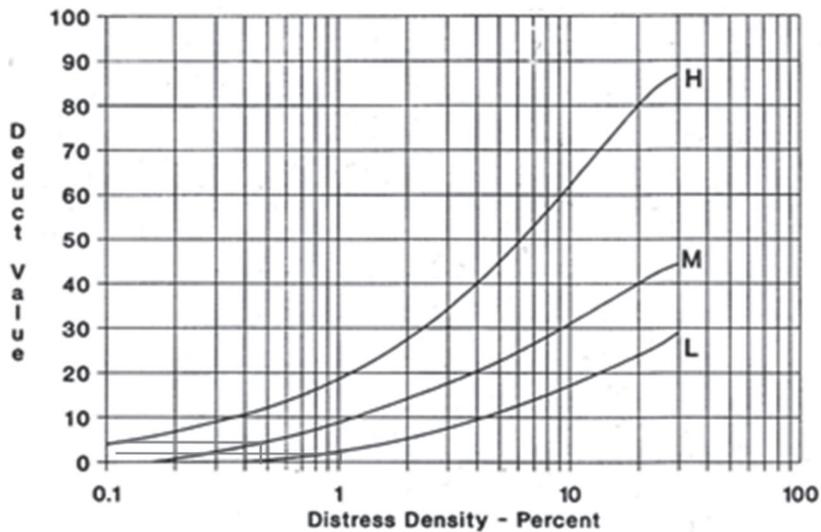
Sumber: Hasil Analisis (2015)

1.17.4. Grafik Perhitungan²³

Grafik 1.5 Nilai Deduct untuk Retak Kulit Buaya

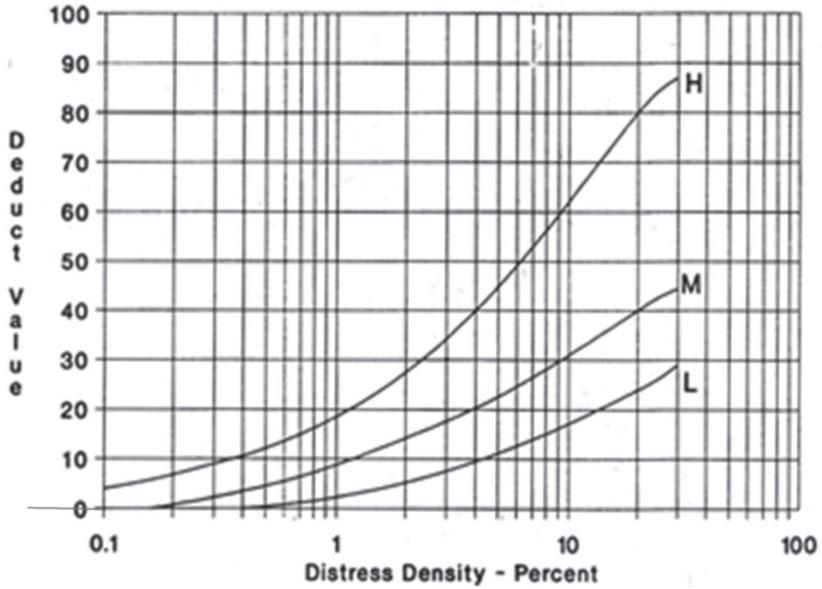


Grafik 1.6 Nilai Deduct untuk Retak Memanjang

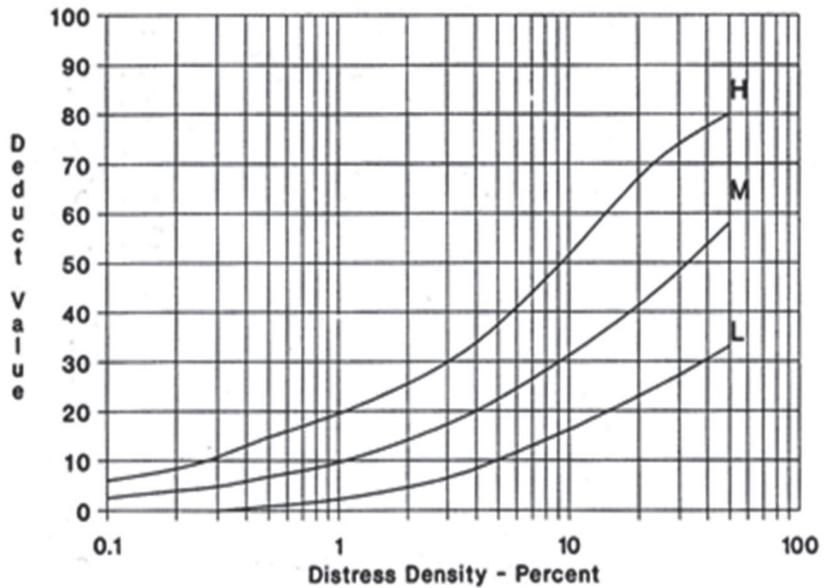


23 Shahin, M. Y., *Loc.Cit.*, hlm. 200-207.

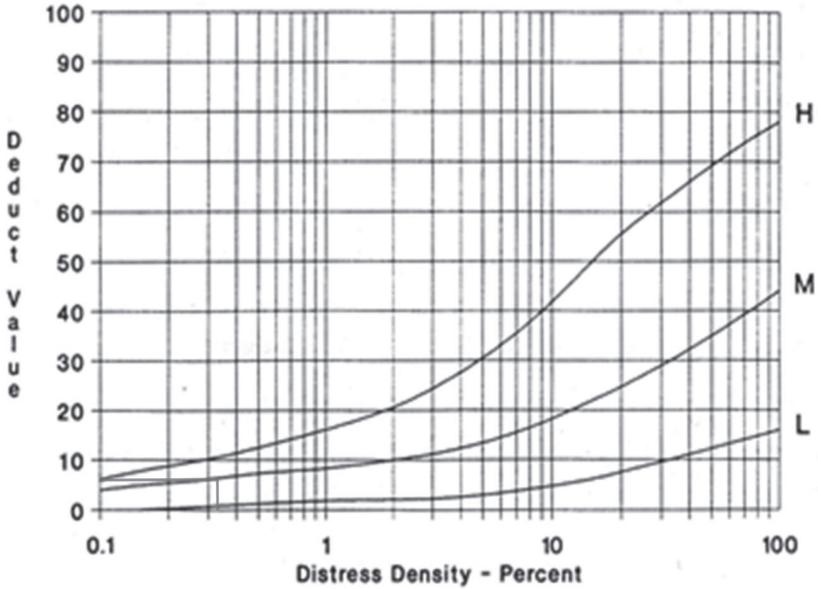
Grafik 1.7 Nilai Deduct untuk Retak Melintang



Grafik 1.8 Nilai Deduct untuk Tambalan (Patching)



Grafik 1.9 Nilai Deduct untuk Pelepasan Butir



Grafik 1.10 Nilai Deduct untuk Lubang (Potholes)

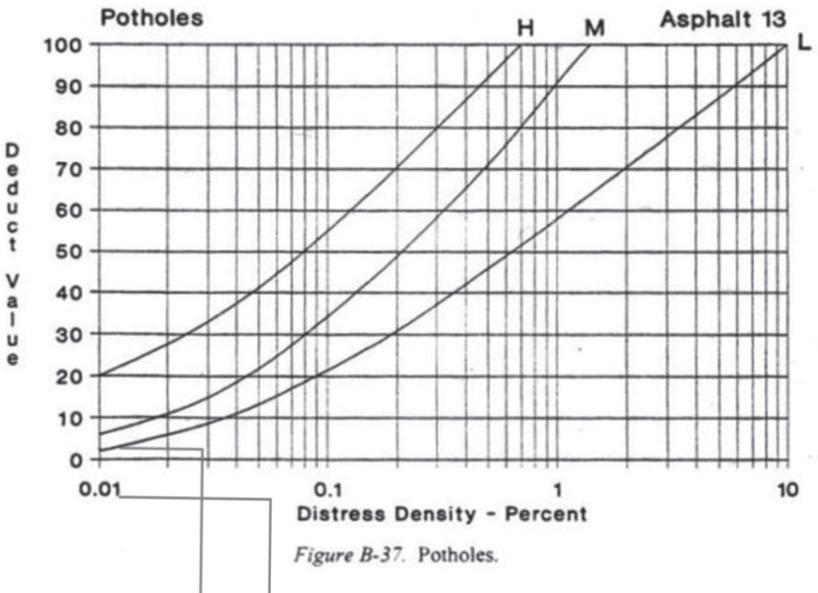
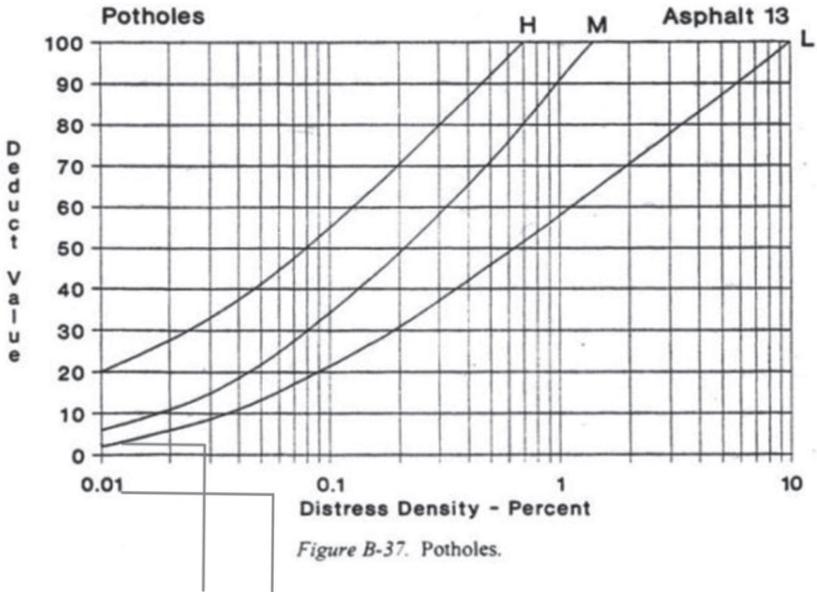
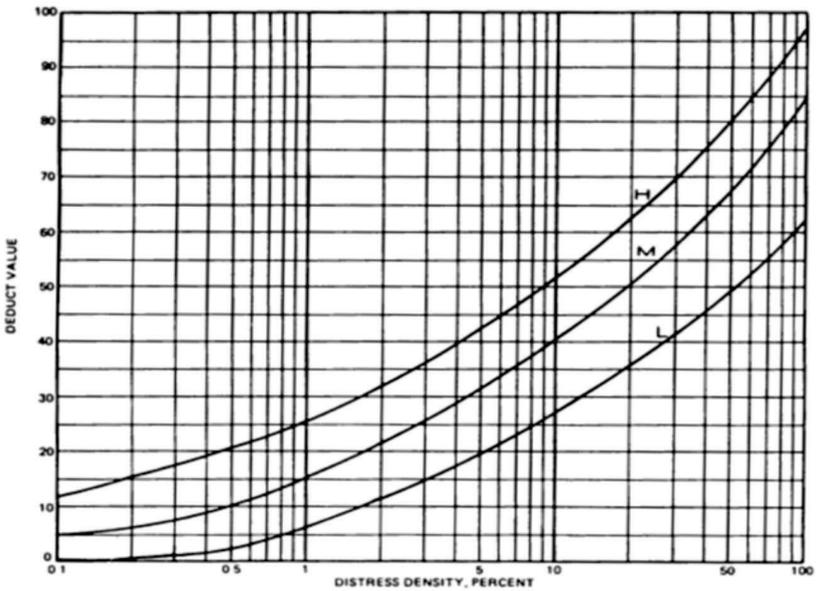


Figure B-37. Potholes.

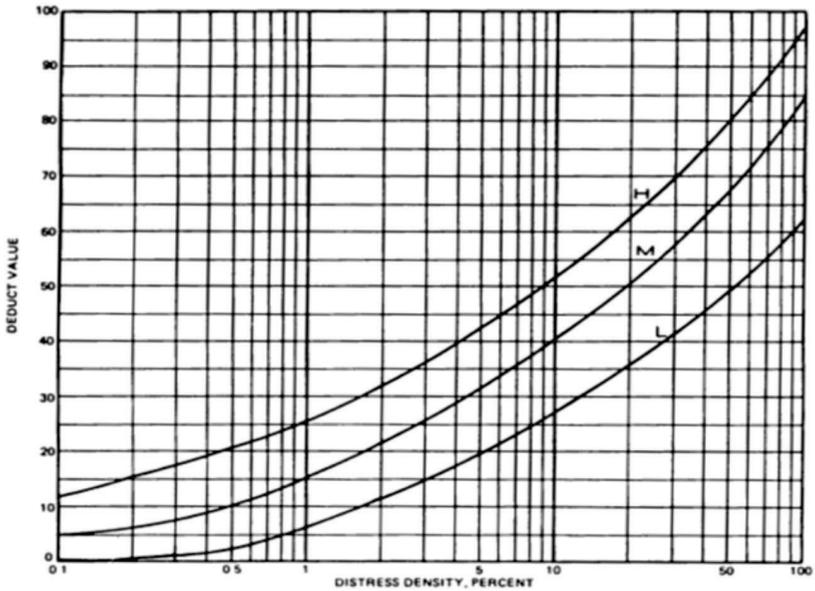
Grafik 1.11 Nilai Deduct untuk Alur (Ruting)



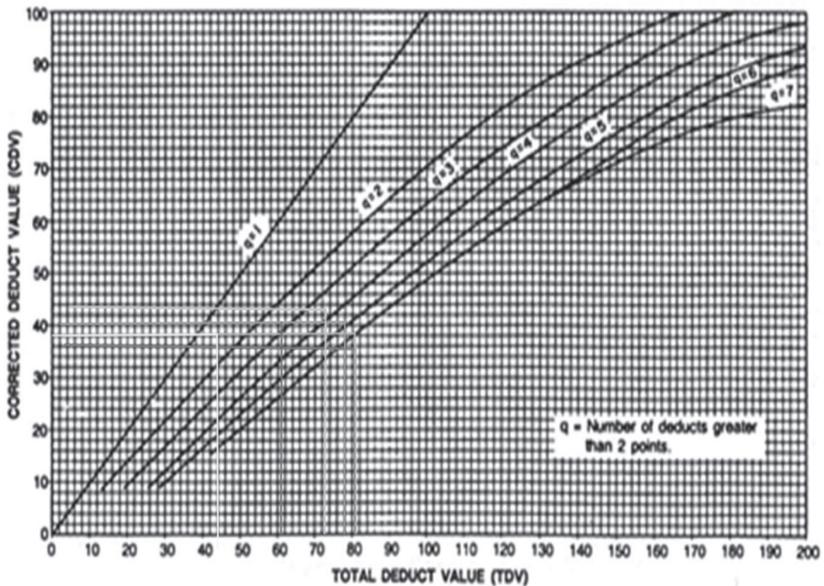
Grafik 1.12 Grafik Nilai Deduct untuk Amblas (Depression)



Grafik 1.13 Grafik Nilai Deduct untuk Sungkur (Shoving)



Grafik 1.4 Hubungan antara CDV dengan TDV



1.17.5. Dokumentasi Hasil Survei

Gambar 1.24 Stationing Awal



Gambar 1.25 Retak Kulit Buaya (Medium)



Gambar 1.26 Lubang (Medium)



Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Gambar 1.27 Ambblas (Medium)



Gambar 1.28 Lubang (High)



Gambar 1.29 Alur (Medium)



Gambar 1.30 Ambblas (Medium)



Gambar 1.31 Retak Memanjang (Low)



Gambar 1.32 Kekasaran Permukaan (Medium)



Gambar 1.33 Lubang (High)



1.17.6. Pengumpulan Data Hasil Survey

Blanko 1.3 Rekapitulasi Kerusakan Retak Kulit Buaya dan Acak

No. Segmen	Retak Buaya (m ²)			Retak Acak (m ²)		
	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>
	< 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm	< 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm
1	-	-	-	-	-	-
2	16	-	-	-	-	-
3	8	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	6	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
7	12	3	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	10	-	-	-	-	-
10	3	-	-	-	-	-
11	-	4	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
13	14	5	-	-	-	-
14	15	-	-	-	-	-
15	3	-	-	-	-	-
Jumlah	81	18	-	-	-	-

Blanko 1.4 Rekapitulasi Kerusakan Retak Kulit Buaya dan Acak

No. Segmen	Retak Buaya (m ²)			Retak Acak (m ²)		
	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>
	< 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm	< 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm
16	12	6	-	-	-	-
17			-	-	-	-
18	4		-	-	-	-
19	8	7	-	-	-	-
20			-	-	-	-
21	20		-	-	-	-
22			-	-	-	-
23		5	-	-	-	-
24	8		-	-	-	-
25			-	-	-	-
26	6		-	-	-	-
27		3	-	-	-	-
28			-	-	-	-
29	16		-	-	-	-
30			-	-	-	-
Jumlah	74	21	-	-	-	-
Total: (1a+1b)	155	39	-	-	-	-

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Blanko 1.5 Rekapitulasi Kerusakan Retak Melintang dan Memanjang

No. Segmen	Retak Melintang (m ²)			Retak Memanjang (m ²)		
	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>
	< 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm	< 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm
1	-	-	-	12	-	-
2	3	-	-	-	4	-
3	-	-	-	17	6	-
4	-	-	-	9	-	-
5	3	-	-	-	-	-
6	-	-	-	4	-	-
7	2	-	-	-	-	-
8	-	-	-	18	-	-
9	-	-	-	-	4	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	3	-
12	1	-	-	12	-	-
13	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	5	-
15	-	-	-	10	-	-
Jumlah	9	-	-	53	22	-

Blanko 1.6 Rekapitulasi Kerusakan Retak Melintang dan Memanjang

No. Segmen	Retak Melintang (m ²)			Retak Memanjang (m ²)		
	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>
	< 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm	< 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm
16	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	9	-	-
18	2	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	12	-
22	1	-	-	10	-	-
23	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	7	-
28	-	-	-	-	-	-
29	1	-	-	16	-	-
30	2	-	-	-	-	-
Jumlah	6	-	-	35	19	-
Total (2a+2b)	15	-	-	88	41	-

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Blanko 1.7 Rekapitulasi Kerusakan Lubang

Nomor Segmen	Metode Bina Marga (m ²)			
	< 10%	10 - 20%	20 - 30%	> 30%
1	0,50	-	-	-
2		-	-	-
3		-	-	-
4	0,25	-	-	-
5		-	-	-
6	0,50	-	-	-
7		-	-	-
8		-	-	-
9	0,60	-	-	-
10	-	-	-	-
11		-	-	-
12	0,40	-	-	-
13		-	-	-
14		-	-	-
15	0,50	-	-	-
Jumlah	2,75	-	-	-

Blanko 1.8 Rekapitulasi Kerusakan Lubang

Nomor Segmen	Metode Bina Marga (m ²)			
	< 10%	10 - 20%	20 - 30%	> 30%
16		-	-	-
17	0,70	-	-	-
18	0,60	-	-	-
19	-	-	-	-
20	-	-	-	-
21	-	-	-	-
22	0,40	-	-	-
23	0,60	-	-	-
24	-	-	-	-
25	-	-	-	-
26	0,70	-	-	-
27	-	-	-	-
28	0,50	-	-	-
29	-	-	-	-
30	0,30	-	-	-
Jumlah	3,80	-	-	-
Total	6,55	-	-	-

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Blanko 1.9 Rekapitulasi Kerusakan Lubang

Nomor Segmen	Metode PCI (m ²), dikelompokkan menurut dalam dan diameter lubang							
	Low			Medium			High	
	t = 10 - 25	t = 10 - 25	t = 25 - 50	t = 10 - 25	t = 25 - 50	t > 50	t = 25 - 50	t > 50
	d = 100 - 200	d = 200 - 450	d = 100 - 200	d = 450 - 760	d = 100 - 200	d = 100 - 200	d = 450 - 760	d = 450 - 760
1	-	-	-	0,50	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	0,25	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	0,50	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	0,60	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	0,40	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	0,50	-	-	-	-
Jml	-	-	-	2,25	-	-	0,50	-

Blanko 1.10 Rekapitulasi Kerusakan Lubang

Nomor Segmen	Metode PCI (m ²), dikelompokkan menurut dalam dan diameter lubang							
	Low			Medium			High	
	t = 10 - 25	t = 10 - 25	t = 25 - 50	t = 10 - 25	t = 25 - 50	t > 50	t = 25 - 50	t > 50
	d = 100 - 200	d = 200 - 450	d = 100 - 200	d = 450 - 760	d = 100 - 200	d = 100 - 200	d = 450 - 760	d = 450 - 760
16	-	-	-	-	-	-	-	-
-17	-	-	-	0,20	-	-	0,50	-
18	-	-	-	0,60	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	0,40	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	0,60	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	0,70	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	0,50	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	0,30	-	-	-	-
Jml	-	-	-	2,20	-	-	1,60	-
Total	-	-	-	4,45	-	-	2,10	-

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Blanko 1.11 Rekapitulasi Kerusakan Kekasaran Permukaan

Bina Marga (m²)						PCI (m²)		
Nomor Segmen	Disintegration	Pelepasan Butir	Rough	Fatty	Close Texture	L	M	H
10	-	17,50	-	-	-	-	17,50	-
18	-	10,50	-	-	-	-	10,50	-
Jumlah	-	28,00	-	-	-	-	28,00	-

Blanko 1.12 Rekapitulasi Kerusakan Amblas

Bina Marga (m²)				PCI (m²)		
Nomor Segmen	> 5/100 m	2 - 5/100 m	0 - 2/100 m	L	M	H
9	-	4	-	-	4	-
16	-	3	-	-	3	-
25	-	3,5	-	-	3,5	-
Jumlah	-	10,5	-	-	10,5	-



BAB 2 PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN JALAN LENTUR DENGAN METODE ANALISA KOMPONEN

Tujuan Instruksional

Setelah melakukan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat mengetahui, memahami serta merencanakan *design* tebal lapisan perkerasan jalan lentur dengan Metode Analisa Komponen.

2.1. Desain Perkerasan

Desain struktur perkerasan jalan lentur pada dasarnya ialah menentukan tebal lapisan perkerasan yang mempunyai sifat-sifat mekanis tertentu. Metode yang di pilih untuk desain perkerasan pada jalan-jalan, yakni metode CBR yang berkaitan dengan rencana pakai selama 10 tahun dan beban rencana lalu lintas yang di perkirakan dengan ukuran dari beban ganda standar (BGS) yang ekuivalen secara kumulatif.

Dalam memperkuat atau membangun kembali perkerasan-perkerasan yang ada, dapat menggunakan pendekatan yang sama. Akan tetapi, untuk menemukan dan menyederhanakan prosedur desain yang penting, diperlukan data-data dari survei lalu lintas dan CBR tanah dasar.

- a. Perhitungan lalu lintas dapat diambil dari volume lalu lintas dan perkiraan pertumbuhan lalu lintas tahunan, selama 10 tahun.
- b. Pembebanan lalu lintas merupakan pengumpulan data dengan membuat perkiraan lalu lintas atau menentukan

perhitungan lalu lintas yang represif, yang dapat di gunakan untuk membuat klasifikasi masing-masing ruas jalan dan standar desain yang ditetapkan.

2.2. Metode Analisa Komponen

Merupakan metode perencanaan tebal perkerasan jalan lentur yang bersumber dari metode AASHTO'72, dimodifikasi sesuai dengan kondisi jalan di Indonesia, dan merupakan penyempurnaan dari buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya No.01/PD/B/1983.¹

2.2.1. Modifikasi untuk Kondisi Indonesia

Kondisi Indonesia seperti:²

- a. Indeks Permukaan Awal Lapisan permukaan di Indonesia terdiri dari berbagai macam jenis yang berbeda mutunya satu sama lain. Sehingga IPO tidak dapat dipergunakan hanya satu nilai seperti yang dipergunakan AASHTO.
- b. AASHTO mempergunakan 2 nilai untuk IPT yaitu: IPT = 2,0 dan 2,5 sedangkan Indonesia mempergunakan 4 nilai yaitu IPT 1;1,5;2 dan 2,5 sesuai dengan fungsi jalan dan besarnya lintas Ekuivalen rencana.
- c. Faktor Regional yang dipergunakan oleh AASHTO berkembang terutama disebabkan oleh adanya 4 musim di samping faktor-faktor pengaruh lainnya seperti drainase, maka air tanah, kelandaian jalan, dsb. Di Indonesia faktor regional yang membedakan satu jalan dengan jalan lainnya terutama disebabkan oleh kondisi curah hujan, dimana Indonesia mempunyai iklim tropis, disamping faktor-faktor yang disebut diatas. Nilai faktor regional yang dipergunakan di Indonesia bervariasi 0,5 – 4.
- d. Nomogram-nomogram yang dipersiapkan oleh AASTHO adalah untuk umur rencana 20 tahun, sedangkan Bina Marga mempersiapkan nomogram untuk umur rencana 10 tahun. Penggunaan nomogram untuk umur rencana yang

1 Sukirman, S., *Loc.Cit.*, hlm. 126-127

2 Sukirman, S., *Ibid.*, hlm. 129-130

bukan 10 tahun dapat dilakukan dengan mempergunakan faktor penyesuaian ($FP = \text{Umur Rencana}/10$).

2.2.2. Parameter Perencanaan³

A. Lalu Lintas

- a. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan

Salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Didefinisikan sebagai jalur rencana jalan. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jalur (n)
$L < 5,5 \text{ m}$	1 Jalur
$5,5 \text{ m} < L < 8,25 \text{ m}$	2 Jalur
$8,25 \text{ m} < L < 11,25 \text{ m}$	3 Jalur
$11,25 \text{ m} < L < 15 \text{ m}$	4 Jalur
$15 \text{ m} < L < 18,75 \text{ m}$	5 Jalur
$18,75 \text{ m} < L < 22 \text{ m}$	6 Jalur

Koefisien distribusi kendaraan (C) pada kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Koefesien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Jalur	Kendaraan	Ringan *)	Kendaraan	Berat **)
	1 arah	2 arah	3 arah	4 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,45
5 jalur	-	0,25	-	0,425

³ Direktorat Jenderal Bina Marga, 1987, *Op.Cit.*, hlm. 7.

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

6 jalur	-	0,20	-	0,40
---------	---	------	---	------

*) berat total < 5 ton, misalnya: mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

**) berat total > 5 ton misalnya: bus, truck, traktor, semi trailer, trailer

- b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan
 Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Beban Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

$$\text{Angka ekivalen sumbu tunggal} = \frac{(\text{beban satu sumbu tunggal dalam Kg})^4}{8160} \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\text{Angka ekuivalen sumbu ganda} = \frac{\text{(beban satu sumbu ganda dalam Kg)}^4}{8160} \dots \dots \dots (1.2)$$

c. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dan rumus-rumus lintas ekuivalen

- Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median

- Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{LEP} = \sum_{j=1}^n \text{LHR}_j \times C_j \times E_j \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana:

j : jenis kendaraan

- Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{LEA} = \sum_{j=1}^n \text{LHR}_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana:

i : perkembangan lalu lintas;

j : jenis kendaraan

- Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{LET} = (\text{LEP} + \text{LEA})/2 \dots \dots \dots (2.3)$$

- Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP} \dots \dots \dots (2.4)$$

Faktor Penyesuaian (FP) tersebut di atas ditentukan dengan rumus :

$$\text{FP} = \text{UR}/10 \dots \dots \dots (2.5)$$

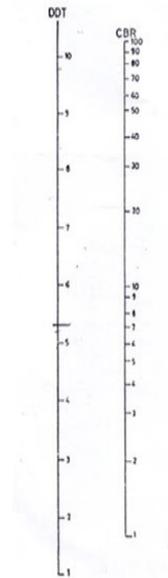
B. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT dan CBR)

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Harga CBR yang dimaksud disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. Jika digunakan CBR lapangan, maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung dalam kondisi tidak terganggu (*undisturbed*), kemudian direndam dan diperiksa harga CBR-nya. Dapat juga mengukur langsung di lapangan (musim hujan/direndam). CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis

tambahan (*overlay*). Jika dilakukan menurut Pengujian Kepadatan Ringan (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.43 (02) atau Pengujian Kepadatan Berat (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.53 (02) sesuai dengan kebutuhan. CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru. Sementara ini dianjurkan untuk mendasarkan daya dukung tanah dasar hanya kepada pengukuran nilai CBR. Cara-cara lain hanya digunakan bila telah disertai data-data yang dapat dipertanggungjawabkan. Cara-cara lain tersebut dapat berupa: *Group Index*, *Plate Bearing Test* atau *R-value*. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut:

- a. Tentukan harga CBR terendah.
- b. Tentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- c. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%.
- d. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
- e. Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90%

Grafik 2.1 Korelasi DDT dan CBR



Catatan: Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar ke sebelah kiri diperoleh nilai DDT.

C. Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup *permeabilitas* tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti. Sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. Dalam penentuan tebal perkerasan ini, Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) seperti pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6 - 10 %)		Kelandaian III (>10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤30%	>30%	≤30%	>30%	≤30%	>30%
Iklim I <900 mm/thn	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Iklim II > 900 mm/thn	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5
-----------------------	-----	-----------	-----	-----------	-----	-----------

Catatan: Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Sedangkan daerah rawa-rawa, FR ditambah dengan 1,0.

D. Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini:

IP = 1,0 : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 : adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0 : adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 2,5 : adalah menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas Ekuivalen rencana (LER), menurut Tabel 2.5 di bawah ini:

Tabel 2.5 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = lintas Ekuivalen Rencana *	Klasifikasi jalan			
	Local	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 - 2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5 - 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
>1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

**) LER dalam satuan angka Ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal.*

Catatan: Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT/jalan murah atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut Tabel 2.6 berikut:

Table 2.6 *Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)*

Jenis Permukaan	IPo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 - 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
HRA	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
BURDA	3,9 - 3,5	< 2000
BURTU	3,4 - 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 - 3,0	≤ 3000
	2,9 - 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 - 2,5	
BURAS	2,9 - 2,5	
LATASIR	2,9 - 2,5	
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

**) Alat pengukur roughness yang dipakai adalah roughometer NAASRA, yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 station wagon, dengan kecepatan kendaraan ± 32 km per jam.*

Alat pengukur roughness type lain dapat digunakan dengan mengkalibrasikan hasil yang diperoleh terhadap roughometer NAASRA.

E. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

(untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

Jika alat Marshall Test tidak tersedia, maka kekuatan (stabilitas) bahan beraspal dapat diukur dengan cara lain seperti *Hveem Test*, *Hubbard Field*, dan *Smith Triaxial*. Seperti pada Tabel 2.7 berikut:

Tabel 2.7 Koefisien Kekuatan Relatif (*a*)

Koefisien kekakuan relatif			Kekakuan bahan			Jenis bahan
a_1	a_2	a_3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	
0,35	-	-	590			Laston
0,35	-	-	454			
0,30	-	-	340			
0,35	-	-	744			Lasbutang
0,31	-	-	590			
0,28	-	-	454			
0,26	-	-	340			HRA
0,30	-	-	340			Aspal macadam
0,26	-	-	340			Lapen (mekanis)
0,25	-	-	-			Lapen (manual)
0,20	-	-	-			
-	0,28	-	590			Laston Atas
-	0,26	-	454	-		
-	0,24	-	340	-		Lapen (mekanis)
-	0,23	-	-	-		Lapen (manual)
-	0,19	-	-	-		
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen

BAB II Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Analisa Komponen

-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pirun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pirun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pirun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

*Catatan: Kuat tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7.
Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21.*

F. Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Tabel 2.8 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

1. Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

2. Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

3. Lapis Pondasi Bawah:

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10cm.

G. Pelapisan Tambahan

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*) dinilai sesuai Tabel 2.9 di bawah ini:

Tabel 2.9 Nilai Kondisi Perkerasan

1. Lapis Permukaan:	
Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda	90 – 100%
Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil	70 – 90%

Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50 – 70%
Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan gejala ketidakstabilan	30 – 50%
2. Lapis Pondasi:	
a. Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam	
Umumnya tidak retak	90 – 100%
Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil	70 – 90%
Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50 – 70%
Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan	30 – 50%
b. Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur:	
Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index = PI</i>) ≤ 10	70 – 100%
c. Pondasi Macadam atau Batu Pecah:	
Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index = PI</i>) ≤ 6	80 – 100%
3. Lapis Pondasi Bawah:	
Indeks plastisitas (<i>Plasticity Index = PI</i>) ≤ 6	90 – 100%
Indeks plastisitas (<i>Plasticity Index = PI</i>) > 6	70 – 90%

H. Konstruksi Bertahap

Konstruksi bertahap digunakan pada keadaan tertentu, antara lain:

- a. Keterbatasan biaya untuk pembuatan tebal perkerasan sesuai, rencana (misalnya: 20 tahun). Perkerasan dapat direncanakan dalam dua tahap, misalnya tahap pertama untuk 5 tahun, dan tahap berikutnya untuk 15 tahun.

- b. Kesulitan dalam memperkirakan perkembangan lalu lintas untuk (misalnya: 20 sampai 25 tahun). Dengan adanya pentahapan, perkiraan lalu lintas diharapkan tidak jauh meleset.
- c. Kerusakan setempat (*weak spots*) selama tahap pertama dapat diperbaiki dan direncanakan kembali sesuai data lalu lintas yang ada.

I. Analisa Komponen Perkerasan

Perhitungan perencanaan ini didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan jangka panjang, dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP (Indeks Tebal Perkerasan), dengan rumus sebagai berikut:

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3z \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- a_1, a_2, a_3 : Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan.
 - D_1, D_2, D_3 : Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).
 - Angka 1, 2 dan 3 masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.
- (Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan lentur Jalan Raya Dengan Metoda Analisa Komponen SKBI – 2.3.2 6.1987 UDC 625:73)

2.3. Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Metode Analisa Komponen pada Studi Kasus Ruas Jalan

2.3.1. Pengolahan Data-data Perencanaan pada Jl. P. Misol Denpasar

- a. Umur rencana = 10 tahun
Umur rencana untuk perencanaan tebal perkerasan jalan lentur pada peningkatan jalan adalah 10 tahun.
- b. Koefisien distribusi kendaraan = 1 (1 jalur 2 arah)
Jumlah jalur diketahui berdasarkan lebar perkerasan, yang dimana pada Jl. P. Misol lebar perkerasannya 3.5 m, maka jumlah jalurnya sesuai Tabel 2.1 dan dilalui kendaraan dari

2 arah yang berlawanan.

Maka didapatkan koefisien distribusi kendaraan c sesuai Tabel 2.2.

c. Faktor Regional (FR) = 1.5

Untuk mencari nilai FR, didasarkan pada:

1. Kelandaian: Berada di sekitar Tukad Badung, yang dimana daerah tersebut memiliki kemiringan berkisar antara 0.0005 - 0.0003 atau 0.05 - 0.3%, sumber tersebut didapat dari "Perencanaan Masterplan Sistem Drainase Kota Denpasar" dari kemiringan tersebut berarti kelandaian Jl. P. Misol < 6%.
2. % Kelandaian berat ; dihitung dari data lalu lintas Jl. P Misol Denpasar 3. yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.10 Data lalu lintas Jl. P. Misol Denpasar

Jenis Kendaraan	LHR (Kend)	%
Kendaraan Ringan	1207	94.964595
Bus	19	1.4948859
Truk Ringan	20	1.5735641
Truk 2 as	25	1.9669552
Kend	1271	

Sumber: PT ESKAPINDO MATRA CE bekerjasama dengan PT. MITRA LINGKUNGAN DUTA CONSULTANT (2000)

Menghitung:

$$\begin{aligned} \text{Akb} &= (1.4948859 + 1.5735641 + 1.966955) \\ &= 5.035405 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akr} &= 94.96459 \\ &= 94.96459 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Akb} &= 5.035405 / 94.96459 \times 100 \% \\ &= 5.302403\% < 30\% \end{aligned}$$

- d. Iklim (I) = curah hujan pertahun, pada Jl. P. Misol diperlukan data total curah hujan pada Sta Ngurah Rai Bali yaitu pada Tabel 2.11 berikut:

Tabel 2.11 Total Curah hujan Sta Ngurah Rai Tahun 1990-1999

Tahun	Total Curah hujan (mm)
2000	1689.5
2001	1609.5
2002	1874.6
2003	1504.1
2004	1282.6
2005	2142.5
2006	2173.4
2007	1336
2008	1750.3
2009	2839.8
Total	18202.3

Sumber: Badan meteorologi dan Geofisika (BMG) Wilayah III Denpasar

Menghitung besarnya jumlah curah hujan per tahun:

$I / \text{tahun} = \text{Jumlah total curah hujan tahun } 2000 - 2009 / n$
(banyaknya data)

$I / \text{tahun} = 18202.3 / 10$

$I / \text{tahun} = 1820.23 \text{ mm/tahun}$

Maka intensitas curah hujan per tahun adalah $> 900 \text{ mm/tahun}$.

Dari ketiga uraian tersebut, maka didapat nilai FR pada Jl. P Misol Denpasar adalah 1.5

e. CBR Rencana

Menghitung CBR Rencana dengan menggunakan cara grafis dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tentukan harga CBR terendah
2. Tentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
3. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%.

BAB II Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Analisa Komponen

4. Di buat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
5. Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90%

Nilai CBR pada masing-masing Sta pada Jl. Pulau Misol untuk overlay dilakukan dengan melakukan test pit dan DCP dengan menggunakan alat dari dinas Bina Marga dan pengairan kabupaten Badung. Untuk mengetahui nilai kondisi perkerasan jalan lama, dilakukan secara visual di lapangan penilaiannya, dengan kondisi lapis pondasi retak sedang dan masih menunjukkan kestabilan. perkerasan jalan lama terdiri dari:

- Lapisan Penetrasi (mekanis) dengan tebal sisa 5 cm, nilai kondisi 60%.
- Limestone dengan tebal sisa 10 cm, nilai kondisi 100%

Sedangkan nilai CBR masing-masing Sta pada Jl. P. Misol untuk pelebaran didapat dari hasil survey konsultan PT. ESKAPINDO Matra CE.

Menghitung CBR rencana Jl. P. Misol untuk overlay:

Tabel 2.12 Nilai CBR Jl. P. Misol (overlay)

STA	CBR
STA 0 + 00	5%
STA 0 + 200	11%
STA 0 + 400	3%

Sumber: Hasil Survey

Nilai CBR diurut dari yang terkecil, maka menjadi:

Tabel 2.13 Perhitungan CBR Rencana

CBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	% yang sama atau lebih besar
3	3	$3/3 \times 100\% = 100\%$
5	2	$2/3 \times 100\% = 66,6\%$
11	1	$1/3 \times 100\% = 33,3\%$

Dari grafik didapat CBR Rencana pada Jl. P. Misol overlay adalah 3.6. Dengan menggunakan grafik I (korelasi DDT dan CBR) maka didapat DDT = Pada Jl. P. Misol (*overlay*) didapat DDT = 4.1

Untuk perencanaan tebal perkerasan:

1. Metode analisa komponen: pertumbuhan kendaraan mobil penumpang dan bus yaitu 5.5 % sedangkan pertumbuhan kendaraan truk yaitu 3.5%
2. Metode RDM: pertumbuhan kendaraan mobil penumpang dan bus yaitu 5.5% sedangkan pertumbuhan kendaraan truk yaitu 3.5%

f. Bahan-bahan perkerasan:

1. Untuk overlay, menggunakan bahan HRS dan ATB
2. Untuk pelebaran, menggunakan bahan HRS dan ATB sebagai lapis permukaan dan sebagai lapis pondasi, menggunakan bahan sirtu klas B dan limestone.

Gambar 2.1. Lapisan Perkerasan Lentur Jalan

	D1	Surface		a1
	D2	Base		a2
	D3	Subbase		a3
		Subgrade		

2.3.2. Proses Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan Jl. P. Misol

LHR pada tahun 2010 (awal umur rencana),

Rumus $(1 + i)^n \times \text{LHR survei}$, didapat:

Kendaraan ringan (1 + 1)	$= (1 + 5.5\%) \times 1207$	$= 1273.39$
Bus (3+5)	$= (1 + 5.5\%) \times 19$	$= 20.05$
Truk ringan (3+5)	$= (1 + 3.5\%) \times 20$	$= 20.70$
Truk 2 as (5+8)	$= (1 + 3.5\%) \times 25$	$= 25.88$

BAB II Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Analisa Komponen

LHR pada tahun 2020 (akhir umum rencana),

Rumus $(1+i)^n \times \text{LHR awal umum rencana}$, didapat:

$$\text{Kendaraan ringan (1 + 1)} = (1 + 5.5\%) \times 1273.39 = 2175.13$$

$$\text{Bus (3+5)} = (1 + 5.5\%) \times 20.05 = 34.24$$

$$\text{Truk ringan (3+5)} = (1 + 3.5\%) \times 21.10 = 29.20$$

$$\text{Truk 2 as (5+8)} = (1 + 3.5\%) \times 26.38 = 36.50$$

Angka Ekuivalen (E) masing-masing kendaraan:

$$\text{Kendaraan ringan (1 + 1)} = 0.0002 + 0.0002 = 0.0004$$

$$\text{Bus (3+5)} = 0.0183 + 0.1410 = 0.1593$$

$$\text{Truk ringan (3+5)} = 0.0183 + 0.1410 = 0.1593$$

$$\text{Truk 2 as (5+8)} = 0.1410 + 0.9238 = 1.0648$$

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP),

Rumus LEP = $\text{LHR}_{2010} \times E \times C$, didapat:

$$\text{Kendaraan ringan (1 + 1)} = 1273.39 \times 0.0004 \times 1 = 0.5094$$

$$\text{Bus (3+5)} = 20.05 \times 0.1593 \times 1 = 3.1932$$

$$\text{Truk ringan (3+5)} = 20.70 \times 0.1593 \times 1 = 3.2975$$

$$\text{Truk 2 as (5+8)} = 25.88 \times 1.0648 \times 1 = \underline{27.551+}$$

$$\text{LEP} = 34.552$$

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA),

Rumus LEA = $\text{LHR}_{2010} \times E \times C$, didapat:

$$\text{Kendaraan ringan (1 + 1)} = 2175.13 \times 0.0004 \times 1 = 0.870$$

$$\text{Bus (3+5)} = 34.24 \times 0.1593 \times 1 = 5.454$$

$$\text{Truk ringan (3+5)} = 29.20 \times 0.1593 \times 1 = 4.651$$

$$\text{Truk 2 as (5+8)} = 36.50 \times 1.0648 \times 1 = \underline{38.864+}$$

$$\text{LEA} = 42.20$$

Lintas Ekuivalen Tengah (LET),

Rumus LET = $(\text{LEP} + \text{LEA})/2$, didapat:

$$\text{LET} = (34.5517325 + 49.84)/2$$

$$= 42.20$$

Lintas Ekuivalen Rencana (LER),

Rumus LER = $\text{LET} \times \text{UR}/10$, didapat:

$$\text{LER} = 42.20 \times 10/10$$

$$= 42.20$$

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Mencari harga ITP,

dimana:

CBR tanah dasar = 3.6%,

DDT = 4.1

Nilai indeks permukaan pada saat akhir umur rencana (IPo) didasarkan pada besarnya LER yang didapat dan klasifikasi jalan yang termasuk jalan lokal yang dimana jalan tersebut melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

IP = 1.5

FR = 1.5

LER = 47.59

Sebelum menggunakan nomogram, terlebih dahulu di cari indeks permukaan pada saat awal umur rencana, 3,9 – 3,5.

Berdasarkan data-data diatas didapat ITP berdasarkan nomogram 5 sebesar = 6.6

Menetapkan tebal lapis tambahan, kekuatan jalan lama didapat:

Lapisan permukaan 5 cm = $60\% \times 5 \times 0.23$ = 0.69

Limestone 10 cm = $100\% \times 10 \times 0.15$ = 1.5

ITP ada = 2.19

ITP' = ITP – ITP ada

= 6.6 – 2.19

= 4.41

Penentuan tebal perkerasan, dimana tebal perkerasan lentur di cari dengan rumus:

ITP = $(a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2)$

Untuk itu dicari dulu harga koefisien kekuatan relatif bahan (a) maupun tebal minimum lapisan perkerasan (D)

HRS → $a_1 = 0.3$, tebal padat HRS = 3cm

ATB → $a_2 = 0.26$

ITP' = $(0.3 \times 3) + 0.26 \times D_2$

4.41 = $(0.9) + (0.26 \times 13.5)$

HRS = 3cm : ATB

= 13.5

Perhitungan tebal lapis perkerasan untuk pelebaran:

LHR pada tahun 2010 (awal umur rencana),

Rumus $(1+i)^n \times \text{LHR Survei}$, didapat:

Kendaraan ringan (1 + 1)	$= (1 + 5.5\%) \times 1207$	$= 1273.39$
Bus (3+5)	$= (1 + 5.5\%) \times 19$	$= 20.05$
Truk ringan (3+5)	$= (1 + 3.5\%) \times 20$	$= 20.70$
Truk 2 as (5+8)	$= (1 + 3.5\%) \times 25$	$= 36.50$

LHR pada tahun 2020 (akhir umur rencana),

Rumus $(1+i)^n \times \text{LHR awal umur rencana}$, didapat:

Kendaraan ringan (1 + 1)	$= (1 + 5.5\%)^{10} \times 1273.4$	$= 2175.13$
Bus (3+5)	$= (1 + 5.5\%)^{10} \times 20.05$	$= 34.24$
Truk ringan (3+5)	$= (1 + 3.5\%)^{10} \times 21.10$	$= 29.20$
Truk 2 as (5+8)	$= (1 + 3.5\%)^{10} \times 26.38$	$= 36.50$

Angka Ekuivalen (E) masing-masing kendaraan, sebagai berikut:

Kendaraan ringan (1 + 1)	$= 0.0002 + 0.0002$	$= 0.0004$
Bus (3+5)	$= 0.0183 + 0.1410$	$= 0.1593$
Truk ringan (3+5)	$= 0.0183 + 0.1410$	$= 0.1593$
Truk 2 as (5+8)	$= 0.1410 + 0.9238$	$= 1.0648$

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP),

Rumus LEP	$= \text{LHR}_{2010} \times E \times C$	
Kendaraan ringan (1 + 1)	$= 1273.39 \times 0.0004 \times 1$	$= 0.50935$
Bus (3+5)	$= 20.05 \times 0.1593 \times 1$	$= 3.19317$
Truk ringan (3+5)	$= 20.70 \times 0.1593 \times 1$	$= 3.29751$
Truk 2 as (5+8)	$= 25.88 \times 1.0648 \times 1$	$= 27.552 +$
	LEP	$= 34.5517$

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA),

Rumus LEA	$= \text{LHR}_{2020} \times E \times C$, didapat:	
Kendaraan ringan (1 + 1)	$= 2175.13 \times 0.0004 \times 1$	$= 0.870$
Bus (3+5)	$= 34.24 \times 0.1593 \times 1$	$= 5.454$
Truk ringan (3+5)	$= 29.20 \times 0.1593 \times 1$	$= 4.651$
Truk 2 as (5+8)	$= 36.50 \times 1.0648 \times 1$	$= 38.864 +$
	LEA	$= 49.84$

Lintas Ekuivalen Tengah (LET),

Rumus LET $= (\text{LEP} + \text{LEA})/2$, didapat:

LET	$= (34.5517325 + 49.84)/2$	
	$= 42.20$	

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Lintas Ekuivalen Rencana (LER),

Rumus LER = LET x UR/10, didapat:

$$\begin{aligned} \text{LER} &= 42.20 \times 10/10 \\ &= 42.20 \end{aligned}$$

Mencari harga ITP,

dimana:

$$\text{CBR tanah dasar} = 3.1\%$$

$$\text{DDT} = 3.8$$

Nilai indeks permukaan pada saat akhir umur rencana (IPo) didasarkan pada besarnya LER yang didapat dan klasifikasi jalan yang termasuk jalan lokal yang dimana jalan tersebut melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

$$\text{IP} = 1.5$$

$$\text{FR} = 1.5$$

$$\text{LER} = 42.20$$

Sebelum menggunakan nomogram, terlebih dahulu di cari indeks permukaan pada saat awal umur rencana (IPo). Maka di dapat besar IPo adalah 3,9 - 3.5.

Berdasarkan data-data diatas didapat ITP berdasarkan nomogram 5 sebesar = 6.9

Penentuan tebal perkerasan, dimana tebal perkerasan lentur di cari dengan rumus:

$$\text{ITP} = (a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2) + (a_3 \times D_3) + (a_4 \times D_4)$$

Untuk itu dicari dulu harga koefisien kekuatan relatif bahan (a) maupun tebal minimum lapisan perkerasan (D)

$$\text{HRS} \rightarrow a_1 = 0.3, \text{tebal } 3\text{cm}$$

$$\text{ATB} \rightarrow a_2 = 0.26, \text{tebal } 13.5\text{ cm}$$

$$\text{Sirtu kelas B} \rightarrow a_3 = 0.12, \text{tebal min } 10\text{ cm}$$

$$\text{Limestone} \rightarrow a_4 = 0.1$$

$$\text{ITP} = (0.3 \times 3) + (0.26 \times 14) + (0.12 \times 10) + (0.1 \times D_4)$$

$$6.9 = (0.9 + 3.51 + 1.2) + 0.1 \times D_4$$

$$D_4 = 12.9 \text{ } 13 \text{ cm}$$

2.4. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen dengan Program Komputer

Perhitungan tebal perkerasan jalan lentur dengan metode analisa komponen, selain diselesaikan dengan cara manual, dapat juga diselesaikan dengan program excel pada computer. Adapun langkah-langkah perhitungan tebal perkerasan lentur dengan program excel metode analisa komponen adalah sebagai berikut:

FORM DL. 2.2.2

SKALA DYNAMIC CONE PENETROMETER TEST

LINK NO. : -

RUAS JALAN : Cendrawasih Batubelig

DITEST OLEH : CV. Indojoya Engineering

STA : 0 + 0010

N	D	DELTA D	SPP	CBR	KET
5.00	10.00	10.00	2.00	10.31	
10.00	17.90	7.90	1.58	13.44	
15.00	25.20	7.30	1.46	14.69	
20.00	38.50	13.30	2.66	7.48	
25.00	65.65	27.15	5.43	3.35	
	CBR Desain:			3.35	

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

STA : 0 + 200

N	D	DELTA D	SPP	CBR	KET
5.00	9.90	9.90	1.98	10.43	
10.00	24.40	14.50	2.90	6.79	
15.00	33.10	8.70	1.74	12.06	
20.00	66.00	32.90	6.58	2.70	
25.00	87.50	21.50	4.30	4.36	
	CBR Desain:			2.70	

STA : 0 + 400

N	D	DELTA D	SPP	CBR	KET
5.00	10.00	10.00	2.00	10.31	
10.00	17.90	7.90	1.58	13.44	
15.00	30.20	12.30	2.46	8.17	
20.00	38.50	8.30	1.66	12.72	
25.00	60.60	22.10	4.42	4.23	
	CBR Desain:			4.23	

PENENTUAN NILAI CBR YANG MEWAKILI

NO	CBR (%)
1	3.35
2	2.70
3	4.23
TOTAL	10.28
RATA2	3.43
SEGMEN	2.63

$CBR\ Segmen = CBR\ rata-rata - (CBR_{maks} - CBR_{min})/R$
dimana:

R bernilai 1.91 jumlah titik pengamatan 3

Jadi CBR segmen (CBR yang mewakili) adalah = 2.63

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

FORMULIR SURVEI PERHITUNGAN VOLUME LALU LINTAS

Nama Jalan : Cendrawasih Batubeling Tanggal : 19 November 2016 Jam Mulai : 06.00 Wita
 Arah Dari : Petugas Survei : I Gede Adi Suryadnya P, A.Md Jam Akhir : 18.00 Wita
 Arah Ke : Ciri Titik Pengamatan : Warung Kios Sederhana, Utara Jalan
 Periode : Cuaca : Cerah

Waktu			1	2	3	4	5	6	7
			MPV, Jeep, Sedan, Pick Up	Mini Bus, Truck Kecil	Bus, Truck 2 As, Mobil Tanki	Truck 3 As, Truck Gandeng, Truck	Sepeda Motor/ Scooter	Sepeda, Becak	Dokar/ Gerobak
6	s/d	7	85	2	0	0	205	0	0
7	s/d	8	110	5	0	0	213	2	0
8	s/d	9	102	11	1	2	225	0	0
9	s/d	10	92	6	1	0	198	0	0
10	s/d	11	97	7	0	0	188	0	0
11	s/d	12	89	9	0	0	208	1	0
12	s/d	13	125	3	0	0	221	0	0
13	s/d	14	102	6	1	0	217	0	0
14	s/d	15	108	4	0	0	192	0	0
15	s/d	16	105	14	0	0	224	1	0
16	s/d	17	90	4	2	0	189	0	0
17	s/d	18	96	3	1	2	297	2	0
Total			1201	74	6	4	2477	6	0

PAVEMENT THICKNESS DESIGN

Perhitungan Perkerasan Lentur Over Layer

Lokasi : Kecamatan Kuta Utara, Kabupaten Badung

Paket : Peningkatan Ruas Jalan Cendrawasih Batubeling

1. Data Lalu Lintas Tahun	<input type="text" value="2016"/>		
- Kendaraan Ringan 2 Ton		=	<input type="text" value="1201"/> Kendaraan
- Bus 8 Ton		=	<input type="text" value="55"/> Kendaraan
- Truk 2 As 13 Ton		=	<input type="text" value="4"/> Kendaraan
- Truk 3 As 20 Ton		=	<input type="text" value="0"/> Kendaraan
- Truk Gandeng 23 Ton		=	<input type="text" value="0"/> Kendaraan
- Truk Gandeng 30 Ton		=	<input type="text" value="0"/> Kendaraan
- Traller 34 Ton		=	<input type="text" value="0"/> Kendaraan
			<input type="text" value="1260"/> Kendaraan
2. Jalan akan dibuka Tahun	<input type="text" value="2017"/>		
Lama tahun perencanaan dan pembangunan		=	<input type="text" value="1"/> Tahun
3. Pertumbuhan Lalu Lintas	<input type="text" value="1"/>		
- Selama pelaksanaan		=	<input type="text" value="10 %"/>
- Setelah jalan dibuka untuk 10 tahun		=	<input type="text" value="10 %"/>
4. Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan:			
- Jumlah Jalur 1 Arah		=	<input type="text" value="1 dan 2"/> 1 Jalur, 2 Arah
- Koefisien Distribusi (C)	(Kendaraan Ringan)	=	<input type="text" value="1"/>
	(Kendaraan Berat)	=	<input type="text" value="1"/>

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

5. Umur Rencana (UR)	-	15 Tahun		
6. Faktor Regional (FR)				
- Kelandaian	=	<table border="1"><tr><td>< 5 %</td></tr></table> 1 Jalur, 2 Arah	< 5 %	
< 5 %				
- Kendaraan berat 5 %	=	<table border="1"><tr><td>? 30 %</td></tr></table>	? 30 %	
? 30 %				
- Iklim/Curah hujan	=	<table border="1"><tr><td>< 900 mm</td></tr></table> mm/tahun	< 900 mm	
< 900 mm				
- FR	=	<table border="1"><tr><td>0,5</td></tr></table>	0,5	
0,5				
7. Bahan Konstruksi dan Koefisien Kekuatan Relatif (a):		DAFTAR IX – (Halaman 17 – 18) – P3L Jalan Raya		
- AC –WC	<table border="1"><tr><td>a_1</td></tr></table> =	a_1	<table border="1"><tr><td>0,35</td></tr></table>	0,35
a_1				
0,35				
- AC –BC	<table border="1"><tr><td>a_2</td></tr></table> =	a_2	<table border="1"><tr><td>0,24</td></tr></table>	0,24
a_2				
0,24				
- Base Agg. Klas –A	<table border="1"><tr><td>a_3</td></tr></table> =	a_3	<table border="1"><tr><td>0,14</td></tr></table>	0,14
a_3				
0,14				
- Base Agg. Klas –B	<table border="1"><tr><td>a_4</td></tr></table> =	a_4	<table border="1"><tr><td>0,13</td></tr></table> mm/tahun	0,13
a_4				
0,13				
3. Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-rata: Pada AWAL Umur Rencana				
- Kendaraan Ringan 2 Ton	=	<table border="1"><tr><td>1287,20</td></tr></table> Kendaraan	1287,20	
1287,20				
- Bus 8 Ton	=	<table border="1"><tr><td>58,95</td></tr></table> Kendaraan	58,95	
58,95				
- Truk 2 As 13 Ton	=	<table border="1"><tr><td>4,29</td></tr></table> Kendaraan	4,29	
4,29				
- Truk 3 As 20 Ton	=	<table border="1"><tr><td>0,00</td></tr></table> Kendaraan	0,00	
0,00				
- Truk Gandeng 23 Ton	=	<table border="1"><tr><td>0,00</td></tr></table> Kendaraan	0,00	
0,00				
- Truk Gandeng 30 Ton	=	<table border="1"><tr><td>0,00</td></tr></table> Kendaraan	0,00	
0,00				
- Traller 34 Ton	=	<table border="1"><tr><td>0,00</td></tr></table> Kendaraan	0,00	
0,00				
LHRp (kendaraan/hari/2 jurusan)	=	<table border="1"><tr><td>1350,43</td></tr></table> Kendaraan	1350,43	
1350,43				

BAB II Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Analisa Komponen

4.	Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-rata: Pada AKHIR Umur Rencana							
	- Kendaraan Ringan 2 Ton	=	5376,95	Kendaraan				
	- Bus 8 Ton	=	246,24	Kendaraan				
	- Truk 2 As 13 Ton	=	17,91	Kendaraan				
	- Truk 3 As 20 Ton	=	0,00	Kendaraan				
	- Truk Gandeng 23 Ton	=	0,00	Kendaraan				
	- Truk Gandeng 30 Ton	=	0,00	Kendaraan				
	- Traller 34 Ton	=	0,00	Kendaraan				
	LHRa (kendaraan/hari/2 jurusan)	=	5641,10	Kendaraan				
5.	Perhitungan Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (E) DAFTAR III – (Halaman 10) – P3L Jalan Raya							
	- Kendaraan Ringan 2 Ton	=	0,0002	+	0,0002	=	0,0004	
	- Bus 8 Ton	=	0,0183	+	0,1410	=	0,1593	
	- Truk 2 As 13 Ton	=	0,1410	+	0,9238	=	1,0648	
	- Truk 3 As 20 Ton	=	0,2923	+	0,7452	=	1,0375	
	- Truk Gandeng 23 Ton	=	0,9238	+	0,1410	x 3	=	1,3468
	- Truk Gandeng 30 Ton	=	0,2923	+	0,7452	+ 0,0002 x 2	=	1,3195
	- Traller 34 Ton	=	0,2923	+	0,7452	x 2	=	1,7827
6.	Perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan							
					(LEP = LHRp x C X E) (LHRp masing-masing kendaraan)			
	- Kendaraan Ringan 2 Ton	=	0,51					
	- Bus 8 Ton	=	9,39					
	- Truk 2 As 13 Ton	=	4,56					
	- Truk 3 As 20 Ton	=	0,00					
	- Truk Gandeng 23 Ton	=	0,00					
	- Truk Gandeng 30 Ton	=	0,00					
	- Traller 34 Ton	=	0,00					
	LEP	=	14,47					

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

7. Perhitungan Lintas Ekuivalen Akhir		$(LEA = LHRa \times C \times E)$
- Kendaraan Ringan 2 Ton	=	2,15
- Bus 8 Ton	=	39,23
- Truk 2 As 13 Ton	=	19,07
- Truk 3 As 20 Ton	=	0,00
- Truk Gandeng 23 Ton	=	0,00
- Truk Gandeng 30 Ton	=	0,00
- Traller 34 Ton	=	0,00
LEA	=	60,45
8. Perhitungan Lintas Ekuivalen Tengah		$LET = (LEP + LEA)/2$
LET	=	37,46
9. Perhitungan Lintas Ekuivalen Rencana		$(LER = LET \times FP)$, dimana $FP = UR/10$
LER	=	56,19
10. Indeks Tebal Perkerasan yang Diperlukan (ITPo):		
- CBR Sub Grade	=	2,63
- Daya Dukung Tanah (DDT)	=	3,50
- Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)	=	1,50
- Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IPo)	=	3,9-3,5
- Faktor (FR)	=	0,50
ITPo	=	7,40

Nomogram 5

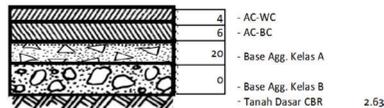
BAB II Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Analisa Komponen

11. Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan: PELEBARAN

	ITP	=	6.80	
- AC -WC	a_1	=	0,35	
- AC -BC	a_2	=	0,24	
- Base Agg. Klas -A	a_3	=	0,14	
- Base Agg. Klas -B	a_4	=	0,13	
- AC -WC	D_1	=	4,00	cm
- AC -BC	D_2	=	6,00	cm
- Base Agg. Klas -A	D_3	=	20,00	cm
- Base Agg. Klas -B	D_4	=	0,00	cm

ITP	=	$a_1 * D_1 + a_2 * D_2 + a_3 * D_3 + a_4 * D_4$
6.80	=	$1,40 + 1,44 + 2,8$

KONSTRUKSI REKONSTRUKSI DESIGN



Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

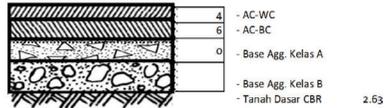
12. Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan: OVERLAY

	ITP	=	6.80
- AC -WC	a_1	=	0,35
- AC -BC	a_2	=	0,24
- Base Agg. Klas -A	a_3	=	0,14
- Base Agg. Klas -B	a_4	=	0,13
- AC -WC	D_1	=	4,00 cm
- AC -BC	D_2	=	6,00 cm
- Base Agg. Klas -A	D_3	=	0,00 cm
- Base Agg. Klas -B	D_4	=	0,00 cm
	? ITP	=	1.84
	$? ITP$	=	$a_1 * D_1 + a_2 * D_2$
	1.84		1,40 + 1,44
	1.84	↔	2.84

BAB II Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Analisa Komponen

KONSTRUKSI REKONSTRUKSI

DESIGN



Menetapkan Tebal Lapis Tambahan:

Kekuatan Jalan Lama:

Lapen 5 cm, 40 %

= 0,4

Stab Tanah dengan Kapur 15 cm, 80 %

= 1,56

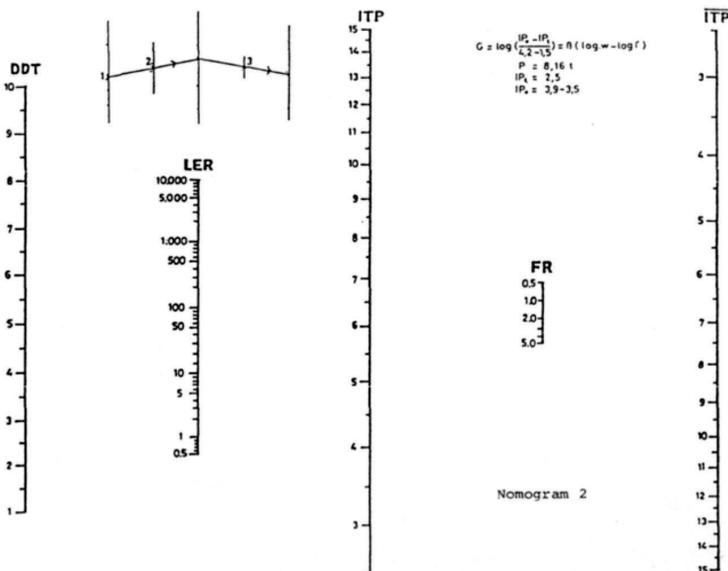
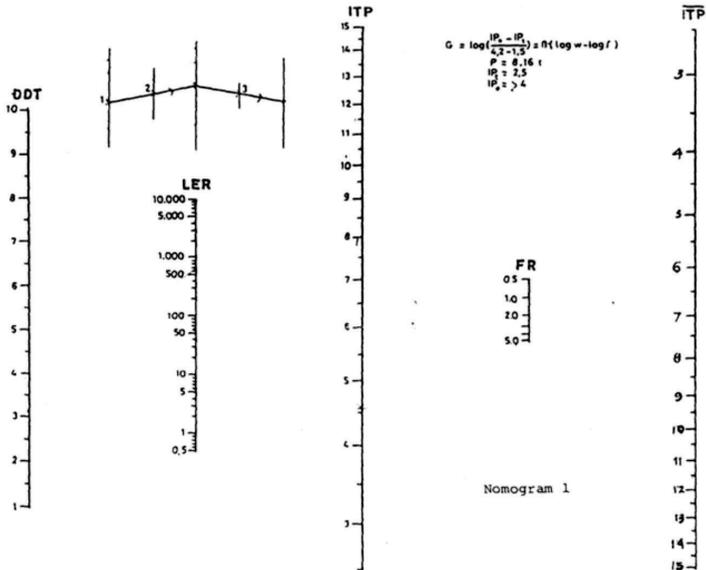
Tanah, 100 %, Tebal 30 cm

= 3

ITP ada

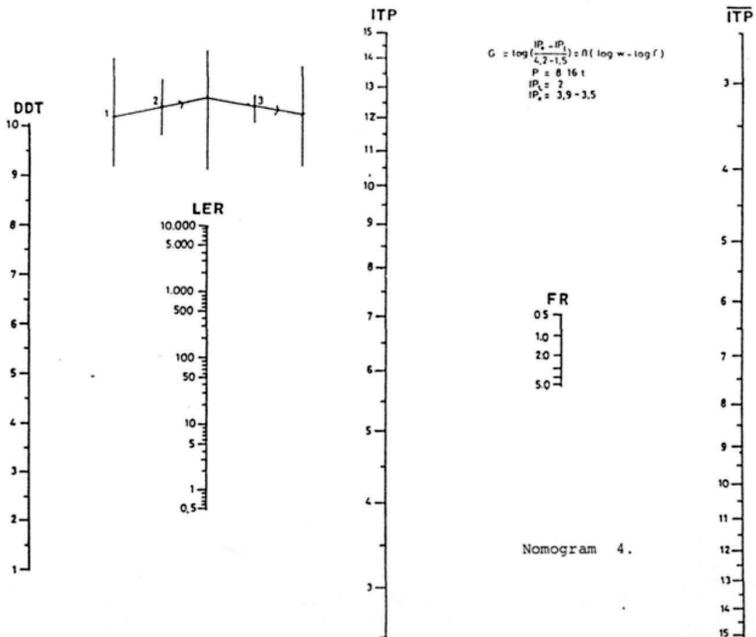
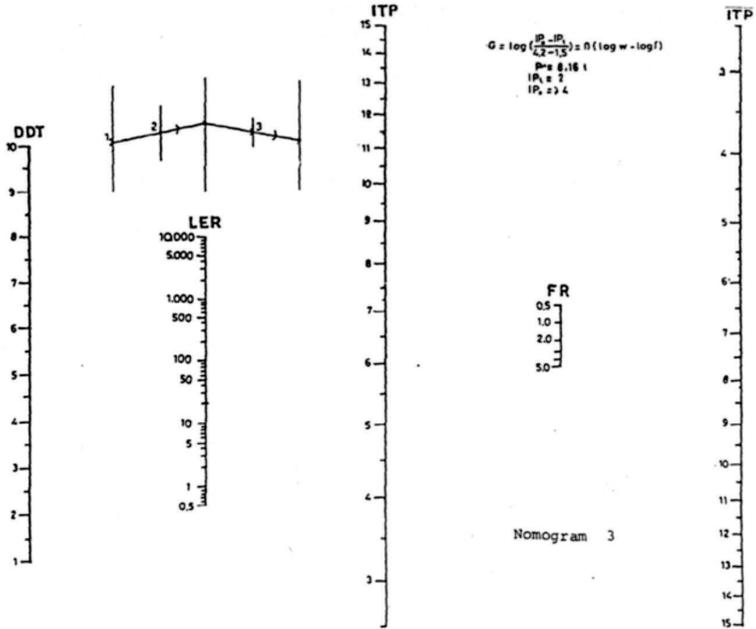
= 4,96

2.5. Nomogram-nomogram pada Metode Analisa Komponen⁴

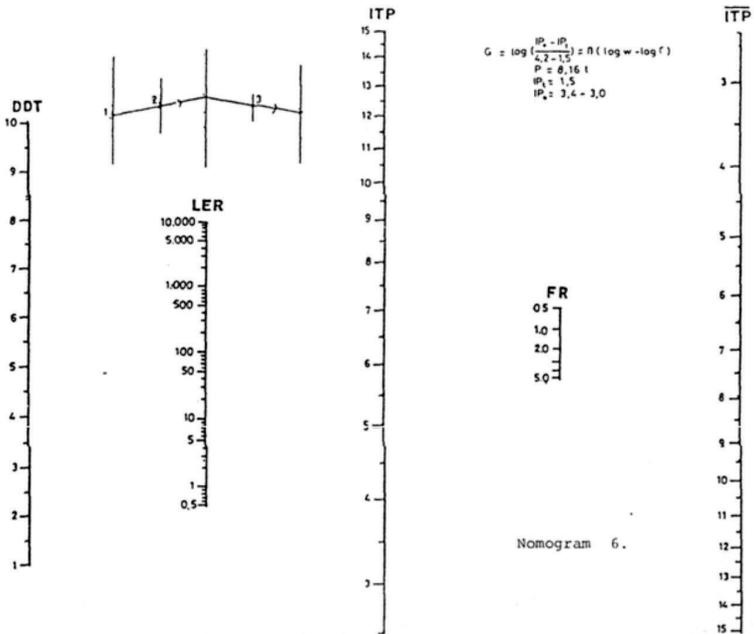
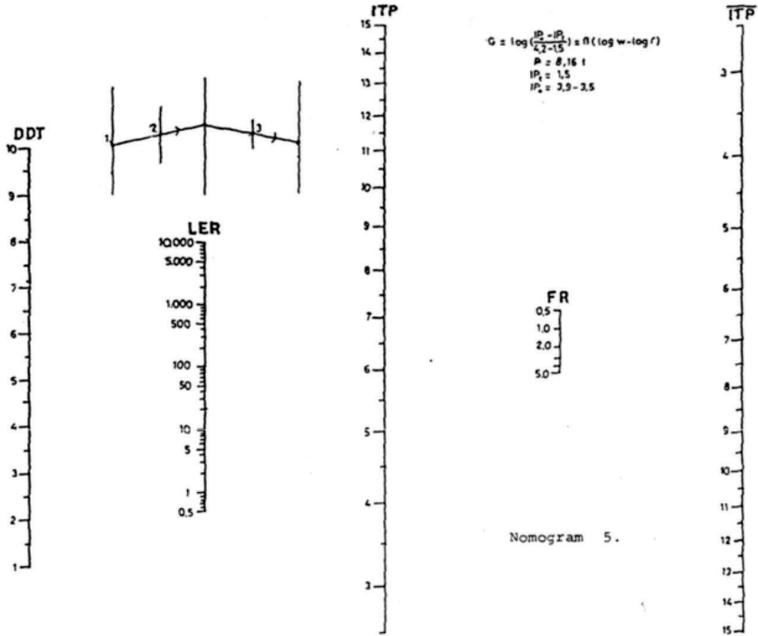


⁴ Direktorat Jenderal Bina Marga, 1987, *Op.Cit.*, hlm. 17-21.

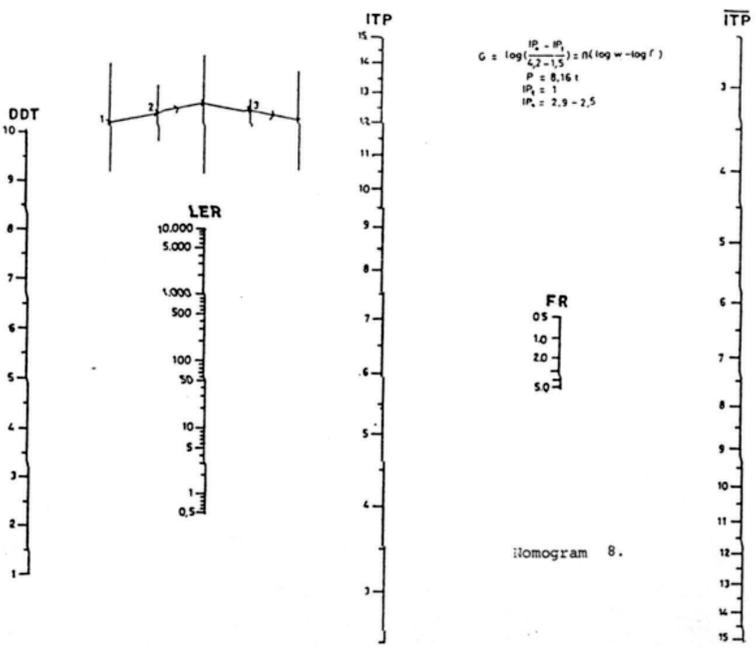
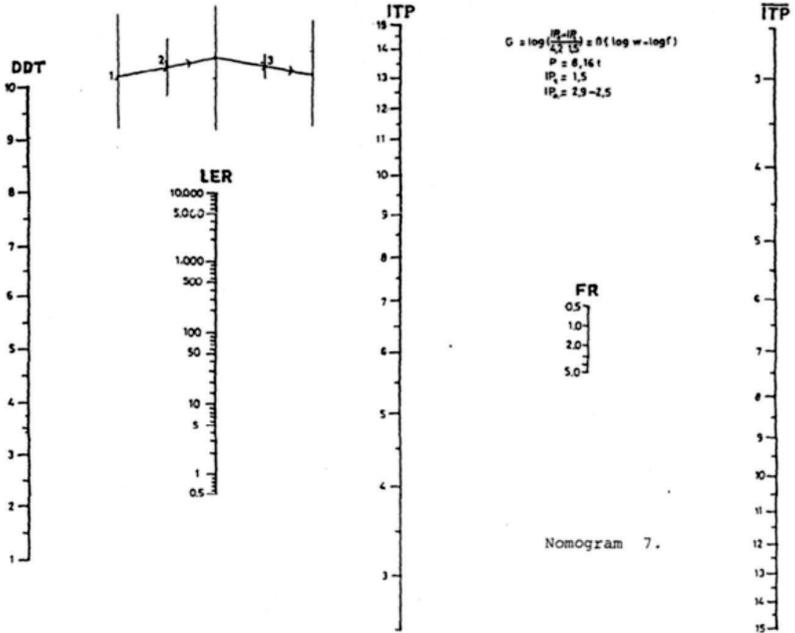
BAB II Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Analisa Komponen



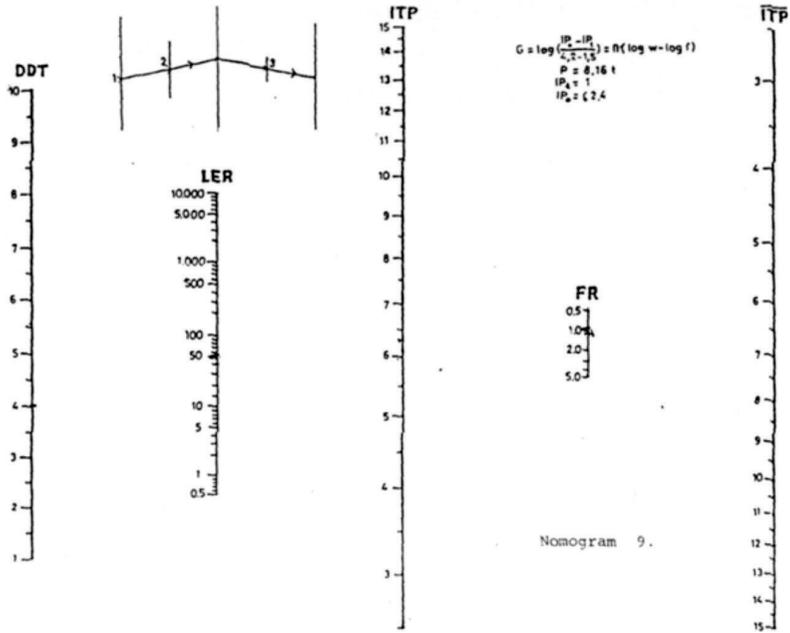
Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan



BAB II Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Analisa Komponen



Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan





BAB 3

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN JALAN LENTUR DENGAN METODE ROAD DESIGN MODULE

Tujuan Instruksional

Setelah melakukan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat mengetahui, memahami serta merencanakan tebal lapisan perkerasan jalan lentur dengan Metode *Road Design Module*.

3.1. Metode Road Design Module

Merupakan suatu perangkat untuk mempersiapkan *design* yang berupa suatu modul yang terangkai dengan modul-modul lain; yang semuanya membentuk suatu sistem yang disebut IRMS, karenanya perlu output dari modul di depan, sebagai input bagi modul di belakangnya, mengacu pada suatu *integrated data base* (pangkalan data).

a. **Pengertian dan Sifat Sistem IRMS**

Merupakan suatu sistem, yaitu rangkaian prosedur yang disusun/didesain untuk sesuatu tujuan tertentu yaitu pembinaan jaringan jalan antar kota yang optimal yang dikembangkan secara bertahap.

b. ***Data Base***

Pekerjaan RDM dengan dua set *data base*, set data base pertama sangat rinci dan berdasar pada kumpulan data untuk setiap proyek dimana desain atau penjelasan desain harus dibuat. Set kedua dari data base mengandung sedikit rincian data, data ini dikumpulkan selama penelitian data tahunan yang meliputi seluruh jaringan kerja jalan.

c. Prinsip-prinsip Utama RDM

Merupakan desain bertahap yang diawali dengan pengumpulan data yang disederhanakan, dengan menggunakan teknologi yang layak, standarisasi dokumentasi dan komputerisasi perhitungan untuk proses dokumen serta ketidaktergantungan sistem dari kriteria teknik spesifik.

3.1.1. Perencanaan dengan RDM/RDS

Perencanaan dengan menggunakan RDM telah dilaksanakan secara efektif sejak tahun 1982, dan telah terbukti dapat mempercepat proses penyiapan dokumen pelelangan. Sejak beberapa tahun terakhir dirasakan adanya Penurunan Kinerja dari perencanaan RDM, yaitu dengan munculnya kebutuhan tambahan pekerjaan selama masa pelaksanaan yang menyebabkan kenaikan biaya yang cukup besar. Usulan tambahan pekerjaan yang timbul karena beberapa hal, misalnya : adanya perubahan lingkup pekerjaan karena berbagai alasan, perencanaan yang kurang akurat, adanya perubahan kondisi jalan. Diperlukan Peningkatan Kinerja perencanaan dengan RDM, yaitu dengan melakukan peningkatan dalam:

A. Proses Pengumpulan dan Analisis Data Lapangan

Interval dan ruang lingkup survey, untuk kondisi-kondisi tertentu perlu interval survey yang lebih rapat sehingga kebutuhan jenis dan volume pekerjaan dapat diperhitungkan dalam penyiapan desain. Pemeriksaan oleh tenaga ahli (*engineer*), penguasaan tenaga ahli pada kondisi lapangan sangat bermanfaat dalam pemeriksaan laporan survey dan proses analisis data.

B. Model *Traffic*

Desain untuk perawatan yang periodik atau pekerjaan yang lebih baik terdiri dari dua ramalan, *mid-live* (umur tengah) AADT dan sekelompok roda as standar yang sepadan untuk desain. Data *traffic* dihasilkan dari perhitungan tahunan rutin dan perhitungan *traffic* tambahan. *Vehicle damage factor* (VDF) untuk setiap enam kategori kendaraan didasari dari hasil pemantauan *weight-in-motion* atau pada harga

yang diambil dari analisa pemantauan sebelumnya.

Terdapat dua perhitungan *traffic* pada RDM:

- a. *Traffic* yang muncul pada jalan pada mid-life (setengah umur dimana jalan masih dapat digunakan dengan baik) digunakan untuk desain lebar jalan aspal, desain lebar bahu, dan untuk menentukan jenis pemakaian bagi jalan tersebut. Mid-life dihitung dengan rumus:

$$\mathbf{Mid-life\ AADT = AADT \times (1 + Traffic\ Growth\ \%)^{(T1-T0+T2/2)} \quad (1)}$$

dimana:

- AADT : Jumlah kendaraan pada saat survei
- Traffic Growth* : Pertumbuhan lalu lintas
- T0 : Tahun survei perencanaan
- T1 : Tahun dibukanya jalan
- T2 : Umur rencana

- b. Pemilihan rancangan desain tambahan atau rekonstruksi (IRI > 12) berdasar pada setumpuk jumlah as roda standar dari 8.16 ton yang dibawa oleh jalan pada umur desain proyek. Pembebanan desain as roda dihitung berdasarkan pemantauan *traffic* tahunan, faktor kerusakan kendaraan dan umur desain dengan menggunakan rumus:

$$\mathbf{CUMESA = 365 \times VDF \times Mid-life\ AADT \times Traffic\ Growth\ \% \dots\dots\dots (2)}$$

dimana:

- CUMESA : Kumulatif beban ganda pada umur rencana
- VDF : Vehicle damage facttor

Tabel 3.1 *Vehicle Damage Factor*

Type Kendaraan	Faktor kerusakan akibat kendaraan
Mobil	0.0001
Utilitas	0.0030
Bis Kecil	0.1175
Bis Besar	0.8138
Truck Ringan (2 as)	0.2746

Truck Sedang (2 as)	2.1974
Truck Berat (3 as)	3.6221

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, *Bipran Engineering Development (1994)*

Tipe kendaraan yang terdapat pada *Vehicle Damage Factor* didasarkan pada kendaraan yang diklasifikasikan atas 12 jenis, yaitu :

1. Kendaraan roda tiga
 2. Sedan /station wagon/jeep
 3. Angkot/mikrolet
 4. Bus Kecil → Bus Kecil
 5. Bus Besar → Bus Besar
 6. *Pick Up*/Mobil hantaran → Utilitas
 7. Truk ringan → Truk ringan (2as)
 8. Truk sedang/mobil tangki → Truk sedang (2as)
 9. Truk berat → Truk berat (3as)
 10. *Trailer /semi trailer*
 11. Sepeda motor/*scooter*
 12. Kendaraan tidak bermotor (sepeda, becak,/kendaraan ditarik hewan)
-

3.1.2. Parameter-parameter

Sebelum desain digunakan, data-data yang berhubungan dengan setiap ruas jalan, harus digabungkan dengan menggunakan program ruas RDM. Program ruas RDM ini harus digunakan sebelum suatu desain digunakan dan setelah penambahan kumpulan data. Dalam program ruas RDM perhitungan ruas didasarkan pada :

- a. Nilai CBR
- b. Nilai *Benkelman Beam* / lendutan (BB)
- c. Lebar perkerasan
- d. Nilai kerusakan permukaan pada perkerasan yang ada RCI, yang kemudian di konversikan ke IRI

BAB III Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Metode RDM

Tabel 3.2. Nilai konversi RCI vs IRI, $IRI = (1/0.94) \ln (10/RCI)$

RCI	IRI
2	17.1
2.2	16.1
2.4	15.2
2.6	14.3
2.8	13.5
3	12.8
3.2	12.1
3.4	11.5
3.6	10.9
3.8	10.3
4	9.7
4.2	9.2
4.4	8.7
4.6	8.3
4.8	7.8
5	7.4
5.2	7
5.4	6.6
5.6	6.2
5.8	5.8
6	5.4
6.2	5.1
6.4	4.7
6.6	4.4
6.8	4.1
7	3.8
7.2	3.5
7.4	3.2
7.6	2.9
7.8	2.6
8	2.4
8.2	2.1
8.4	1.9
8.6	1.6
8.8	1.4
9	1.1
9.2	0.9

9.4	0.7
9.6	0.4
9.8	0.2
10	0

Sumber: Hasil Perhitungan

A. Overlay Desain, Desain BB (*Benkelman Beam*)

Metode desain berdasarkan pembelokan *Bengkelman Beam* yang digunakan di Indonesia adalah metode HRODI yang muncul pada awal tahun 1980-an dan berdasar pada kondisi Indonesia. Input modelnya berupa *traffic* sebagai as roda standar 8.16 ton pada unsur desain dan perhitungan *Bengkelman Beam* sebagai rata-rata ditambah 1 deviasi standar untuk ruas atau sub ruas pada setiap desain yang dipakai.

B. Desain Pelebaran, Desain CBR

Lapisan aspal menggunakan 4 cm jika AC dan 3 cm jika HRS dan *Asphalt treated base* minimum 4 cm. Ketebalan lapisan *base agregat A* yaitu minimum 15 cm dan maksimum 30 cm. jika memerlukan *base agregat A* lebih besar dari 40 cm, akan diubah menjadi *base agregat B* dan ditambah ke lapisan ini. Lapisan *sub base agregat B* akan dipakai dalam konstruksi dengan ketebalan minimum 15 cm. jika CBR lebih kecil daripada atau sama dengan 3 % maka suatu lapisan pengisi pilihan 30 cm, ditambahkan ke konstruksi, jika $CBR \leq 6 \%$ maka lapisan pengisi lapisan 20 cm. jika CBR lebih besar dari 6% maka tidak ada lapisan pengisi yang ditambahkan ke konstruksi.

Tabel 3.3 Minimum Perkerasan

Bahan Aspal	Ketebalan Minimum (cm)
Lasbutag	3
HRS	3
Ac	4

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, *Bipran Engineering Development (1994)*

C. Material untuk Bahan-bahan Permukaan Aspal

Pemilihan bahan-bahan yang digunakan untuk permukaan aspal berdasar pada *traffic* yang dibebankan pada jalan, *mid-life* dan lokasi jalan. Jenis-jenis jalan yang dipakai pada jalan-jalan nasional dan propinsi secara umum dilimitkan pada jenis ini.

- a. *Hot Rolled Sheet* (HRS)
- b. *Asphaltic Concrete* (AC)
- c. *Surface Dressing* (SBST or DBST)
- d. *Penetration Macadam* (PENMAC)
- e. *Buton Asphalt Sheet* (LASBUTAG)
- f. *Cement Concrete*

Tabel 3.4 *Bahan-Bahan untuk Konstruksi Jalan*

Material	Strength Coeficient	Min Traffic MID AADT	Max Traffic MID AADT
AC	0.30	8000	-
HRS	0.28	0	8000
ATB	0.25	-	-
Pen Mac	0.25	0	3000
SBST	0.00	0	3000
DBST	0.00	0	4000
SSEA	0.00	0	3000
OGEM	0.20	0	3000
DGEM	0.25	0	3000
GG A	0.125	-	-
AGG B	0.11	-	-
C	0.155	-	-
S FILL	0.05	-	-
MICRO	0.25	0	3000
ASBUTON			
LASBUTAG	0.20	0	1500

SMA	0.30	20000	-
-----	------	-------	---

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, *Bipran Engineering Development (1994)*

D. Desain Lebar Jalan Aspal

Standar jalan aspal selalu berhubungan dengan volume *traffic*. Jika suatu jalur harus diperlebar mengacu pada pertumbuhan *traffic*, pelebaran dibuat berdasarkan pada AADT *Mid-life* masa depan yang diharapkan untuk jalan itu. Pelebaran minimumnya 0.5 meter. Pelebaran maksimum tergantung dari lebar jalan yang ada dan *Mid-life* AADT yang dibuat oleh Bina Marga.

Tabel 3.5 Kriteria Tebal Perkerasan

Traffic Mid-life AADT	Road Width M
< 3000	4.50
3000 – 8000	6.00
8000 – 20000	7.00
> 20000	7.00

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, *Bipran Engineering Development (1994)*

3.2. Perencanaan Teknik Jalan dengan Metode RDM (Road Design Module)

3.2.1. Pengumpulan Data Lapangan

A. Inventory Kondisi Jalan

Survey tersebut bertujuan untuk mendapatkan data-data mengenai kondisi ruas-ruas jalan yang meliputi antara lain:

1. Lebar *existing* jalan yang ada
2. Kondisi perkerasan yang *existing*
3. Jenis /tipe perkerasan yang ada
4. Nilai kekasaran (RCI) secara visual

B. *Bengkelman Beam Survey*

Survey tersebut bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai lendutan balik dari konstruksi perkerasan jalan aspal yang sudah ada.

C. *Survey Dynamic Cone Penetrometer (DPC)*

Survey ini adalah untuk menilai CBR (*California Bearing Ratio*) lapisan tanah dasar yang dilakukan pada ruas-ruas jalan yang akan diperlebar.

D. *Survey Perhitungan Lalu Lintas*

Survey perhitungan lalu lintas dilakukan pada masing-masing ruas untuk mendapatkan lalu lintas harian rata-rata (LHR) dimana kendaraan yang dicatat untuk mendesain adalah mobil penumpang, pick up, bus kecil, bus besar, truk 2 as sedang, truk 2 as berat, dan truk 3 as.

3.2.2. Analisa Data Lapangan

A. *Pengelolaan Data CBR*

Pada setiap titik pemeriksaan DCP diadakan perhitungan nilai CBR yang pengolahan data sebagai berikut:

Nilai CBR = Data lapangan (%) dibagi dengan faktor koreksi musim

Km = Koreksi musim (hujan = 1.0 dan musim kering = 1.15)

Catatan: secara umum pelaksanaan survey DCP adalah pada musim kering, sehingga faktor koreksinya = 1.15

B. *Pengolahan Data dan Bengkelman Beam*

Untuk mendapatkan data lendutan rencana dari data lapangan maka diadakan pengolahan data sebagai berikut:

Lendutan = $F_e \times F_I \times F_k \times F_m \times d$ (3)

dimana:

d : Nilai lendutan balik

Fm : Perbandingan Alat = Dim A / Dim B = 2

Fk : Faktor Ketelitian (0.01)

FI : Koreksi beban = 8.16 / beban truk pemeriksa

Fe : Koreksi musim, musim kemarau (1.15) dan musim hujan (1.00)

Catatan : Secara umum pelaksanaan survey BB adalah pada musim kemarau sehingga faktor koreksinya = 1.15

C. Pengolahan Data Lalu Lintas

Pengolahan data lalu lintas dilakukan untuk mendapatkan LHR (AADT) pada pertengahan umur rencana dan besarnya beban ganda kumulatif selama umur rencana (CUMESA) yaitu:

$$\text{Mid-Life AADT} = (\text{AADT}) \times (1+i)^{(T1-T0+T2/2)} \dots\dots\dots (4.1)$$

dimana:

- AADT : Jumlah kendaraan pada saat survey
- VDF : *Vehicle Damage Factor* (yang dikelompokan berdasarkan 12 klasifikasi kendaraan)
- i : Faktor penambahan lalu lintas
- UR : Umur rencana jalan
- T0 : Tahun saat survey lalu lintas
- T1 : Tahun saat survey mulai dibukanya jalan (saat baru selesai fisik)
- T2 : Umur rencana

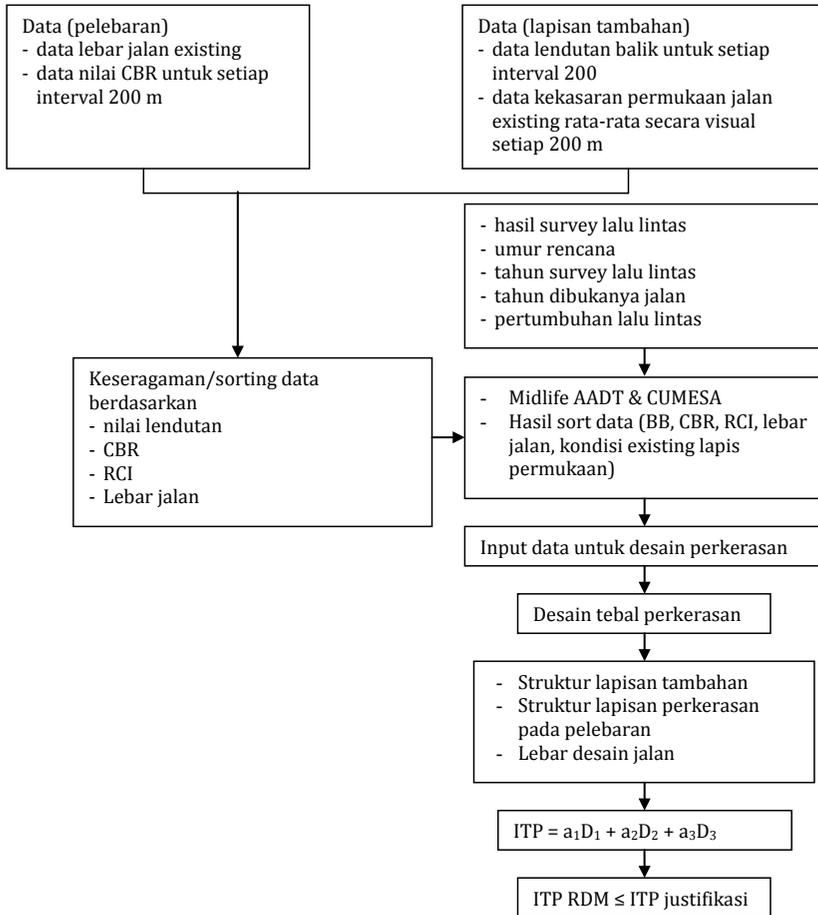
$$\text{CUMESA} = 365 \times \text{VDF} \times \text{Mid-Life AADT} \times \text{Traffic Growth \%} \dots\dots\dots (4.2)$$

dimana:

- CUMESA : Komulatif beban ganda selama umur rencana
- Traffic Growth* : Pertumbuhan lalu lintas

Umur rencana untuk program rehabilitasi adalah 5 tahun sedangkan untuk pelebaran jalan umur rencana adalah 10 tahun.

Gambar 3.1 Langkah-langkah Desain Perkerasan Metode RDM



3.3. Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Metode Road Design Module pada Studi Kasus Ruas Jalan

3.3.1. Analisa Data Lapangan dan Proses Perhitungan

A. Pengolahan Data CBR

Data lapangan (%) yang didapat pada setiap titik, dibagi dengan faktor koreksi musim, yang dimana pelaksanaan test

DCP dilakukan pada musim kemarau dengan faktor koreksi musimnya adalah 1.15.

Tabel 3.6 koreksi Test CBR pada Jl. Pulau Misol I

No	Stationing	Data Lapangan (%)	Nilai CBR (%)
1.	0+0	4.7	4.2
2.	0+200	2.5	2.2
3.	0+400	4.5	3.9

Sumber: Hasil Survey

B. Pengolahan Data Bengkelman Beam

Pengolahan data untuk mendapatkan lendutan rencana adalah sebagai berikut:

Lenduta = Fe x F1 x Fk x d..... (5)

dimana:

Koreksi musim (Fe) : 1.15 (musim kemarau). Pada umumnya pelaksanaan survey di musim kemarau

Koreksi beban (F1) : 8.16/beban truk pemeriksa

Koreksi ketelitian (Fk) : 0.01

Perbandingan alat (Fm) : Dim A/Dim B = 2

Tabel 3.7 Perhitungan Data Test Bengkelman Beam Pada Jl. P. Misol I

No	Stationing	Data Lapangan Lendutan						Lendutan Max (d max)
		Kiri			Kanan			
		d1	d3	(mm)	d1	d3	(mm)	
1	0 + 000	0	93	2.13				2.13
2	0 + 200				0	84	1.92	1.92
3	0 + 400	0	76	1.74				1.74

Sumber : Hasil Survey

C. Pengolahan Data Lalu Lintas

1. Umur rencana = 10
Umur rencana untuk tebal perkerasan lentur pada peningkatan jalan adalah 10 tahun.
2. Pertumbuhan kendaraan untuk mp dan bus = 5.5%, truk =3.5% Dihitung dengan persamaan regresi linier sederhana.
3. Jumlah kendaraan saat survey (AADT) sesuai dengan jenis kendaraan (*vehicle type*) sebagai berikut:

Tabel 3.8 Survey Jumlah Kendaraan di Jl. Pulau Misol I

2 Arah		
Kode	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan
1	Roda Tiga	0
2	Sedan, St. Wagon, Jeep	1039
3	Opelet, Kombi, Suburban	20
4	Mikro Bus	19
5	Bus	0
6	Pick Up, Mobil Hantaran	148
7	Mikro Truck	20
8	Truck As 2, Mobil Tangki	25
9	Truck As 3	0
10	Truk Gandengan, Trailer, Container	0
11	Roda 2	4747
Total		6018

dengan pengkasifikasian:

- 1, 2, 3 → Mobil
- 6 → Utility
- 4 → Bus Kecil
- 5 → Bus Besar
- 7 → Truck Ringan 2 as
- 8 → Truck Sedang 2 as
- 9, 10 → Truck Berast 3 as

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Untuk mendapatkan LHR (AADT) pada pertengahan umur rencana dan besarnya beban ganda kumulatif selama umur rencana (CUMESA) yaitu:

$$\text{Mid Life AADT} = (\text{AADT}) \times (1 + I)^{(T1 + T0 + T2/2)} \dots\dots\dots (6.1)$$

dimana:

- AADT : Tumlah kendaraan pada saat survey
- VDF : *Vehicle Damage Factor* (yang telah dikelompokkan berdasar 12 klasifikasi kendaraan
- I : Faktor pertumbuhan lalu lintas
- UR : Umur rencana jalan
- T0 : Tahun saat survey lalu lintas
- T1 : Tahun saat survey mulai dibuka jalan (saat baru selesai fisik)
- T2 : Umur rencana

$$\text{CUMESA} = 365 \times \text{VDF} \times \text{AADT} \times \text{Mid Life AADT} \times \text{Traffic growth \%} \dots\dots\dots (6.2)$$

dimana:

- CUMESA : Kumulatif beban ganda selama umur rencana
- Traffic growth* : Pertumbuhan lalu lintas

Tabel 3.9 Hasil Perhitungan Lalu lintas di Jl. P. Misol I

Klasifikasi Kendaraan	AADT	VDF	ESA
Mobil	1.059	0.0001	0.106
Utilitas	148	0.0030	0.444
Bus kecil	19	0.1175	2.233
Bus besar	-	0.8139	0.000
Truk ringan 2 as	20	0.2746	5.492
Truk sedang 2 as	25	2.1974	54.935
Truk berat 3 as	-	3.6221	0.000
Mid-Life AADT	1.746		
Cum ESA			0.152

Sumber: Hasil Analisis

D. *Unsorted Input Data*

Merupakan proses memasukan data *existing*, yaitu :

- Lebar
- BB
- CBR
- RCI

Yang kemudian data -data tersebut di sort atau dijadikan 1 segmen dari beberapa titik yang memiliki nilai yang sama atau mendekati. Dimana dalam proses sort data:

- BB = set BB design value (mean + 1 Std deviation)
- CBR = set CBR design value (mean - 1 Std deviation)
- RCI = set RCI design value (mean of specified range)
- Width = set existing width design value (mean of specified range)

E. *Data Summary*

Merupakan hasil dari *unsorted* hasil dari *unsorted input data*. Titik-titik yang memiliki nilai yang sama akan dijadikan 1 titik.

CONTOH HASIL OUTPUT PROGRAM RDM

orted input data

Contract Name : Jl. P Misol I Denpasar

Contract Number: 1

Province: Bali

Link Number	Chainage (km)	Existing width (m)	Average width (m)	B/Beam defln (mm)	Design defln (mm)	RCI	Average RCI	CBR (%)	Pavement Thickness	
									Design CBR (%)	Design vel equivalent Existing (cm)
* DATA ENTRY SECTION * * *										
.000	0.000	3.50	3.50	2.13	2.09	3.50	3.50	4.10	2.20	
.000	0.200	3.50	3.50	1.92	2.09	3.50	3.50	2.20	2.20	
.000	0.400	3.50	3.50	1.74	2.09	3.50	3.50	3.90	2.20	

Data summary

Contract name : Jl. P Misol I Denpasar

Contract number : 1

Province: Bali

Link Number	Chainage (km) From	To	Average Width (m)	Design Defln (mm)	Average RCI	Design CBR (%)	Design Existing Thickness (cm)
1.000	0.000	0.400	3.50	2.09	3.5	2.2	

BAB III Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur dengan Metode RDM

DESIGN DATA RECORD
Existing Pavement Conditions

PACKAGE NAME : J.L.P MISOL I
PROVINCE : BALI
LINK No. : 1
Mid Life AAD : 1,746
Design Axle Loading (MESAL) 0.152

Design Segment				Existing Conditions																	
Sub Link Seg.	Km From	post To	Length	Ex. Width	Ex. Surf. Type	Ex. Pav Thck	CBR %	DEF mm	IRI mm/km	CAM %	Exp. Change Clay Zone	Ravel- Crack ing Area %	Crack Type	Patch- ing %	Pot Holes	Size Pot Holes	Pre- sion %	Wheel rut L	Edge rut R	Dam. cm	
- 1	0.000	0.200	0.200	3.50	penmas	5.00	2.20	2.09	11.20	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 2	0.200	0.400	0.200	3.50	penmas	5.00	2.20	2.09	11.20	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Link Summary			0.400																		

PROJECT NAME : skripsi

DESIGN DATA RECORD
Design Thickness - Pavement, Widening and Shoulder

PACKAGE NAME : J.L.P MISOL I
PROVINCE : BALI
LINK No. : 1
Mid Life AAD : 1,746
Design Axle Loading (MESAL) 0.152

Design Life 10 years
Design Engin novi
Review Engin novi

Sub Link Seg.	Design Segment			Treat Code	Design Thickness, Pavement										Design Thickness, Widening				Shoulder Material	
	Km From	post To	Length		C'way Des. Width	HRU	ATB	ATB/	Base	Subbas	Grade Wide- Raise ning	HRS	ATB	Base	Subbas	Selec ted FWidth	Design Surfs Type L	R	Thickness	
- 1	0.000	0.200	0.200	B	4.5	3.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.00	1.00	3.0	4.5	15.0	15.0	0.3	1.0	Agg.F15	15
- 2	0.200	0.400	0.200	B	4.5	3.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.00	1.00	3.0	4.5	15.0	15.0	0.3	1.0	Agg.F15	15
Link Summary			0.400																	

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

JUSTIFIKASI TEKNIK

RDC : Peningkatan Jl. P. Misol
 RNSI : Bali
 JALAN : Jl. P. Misol I
 KAWADYA : Denpasar
 RUMAH NO 5/D 0+400
 No. 4.22. Justifikasi Teknik (overlay) Jl P Misol I

RDS				Hasil setelah dijustifikasi					
Jenis Perkerasan	Tebal (Cm)	Koefisien Strength	Nilai Konversi	Jenis Perkerasan	Tebal (Cm)	Koefisien Strength	Nilai Konversi		
	3.00	a1	0.280	0.84	HRS	3.00	a1	0.280	0.84
	0.00	a2	0.250	0.00	ATB	6.00	a2	0.250	1.50
	6.00	a3	0.250	1.50					
RDS = D1a1 + D2a2 + D3a3 =				2.34	ITP Just = D1a1 + D2a2 =				2.34
Perencanaan : Nilai ITP hasil RDS				Hasil ITP 2.34	Justifikasi 2.34	OK !			

RUMAH NO 5/D 0+400 (Pelebaran)
 No. 4.23. Justifikasi Teknik (pelebaran) Jl P Misol I

RDS				Hasil setelah dijustifikasi					
Jenis Perkerasan	Tebal (Cm)	Koefisien Strength	Nilai Konversi	Jenis Perkerasan	Tebal (Cm)	Koefisien Strength	Nilai Konversi		
	3.00	a1	0.280	0.84	HRS	3.00	a1	0.280	0.84
	4.50	a2	0.250	1.13	ATB	6.00	a2	0.250	1.50
Sub Base A	15.00	a3	0.125	1.88	Sub Base Agg. B	30.00	a3	0.110	3.30
Sub Base Agg. B	15.00	a4	0.110	1.65	Selected Fill	30.00	a4	0.050	1.50
Selected Fill	30.00	a5	0.050	1.50					
RDS = D1a1 + D2a2 + D3a3 + D4a4 + D5a5 =				6.99	ITP Just = D1a1 + D2a2 + D3a3 + D4a4 =				7.14
Perencanaan : Nilai ITP hasil RDS				Hasil ITP 6.99	Justifikasi 7.14	OK !			



BAB 4

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN JALAN LENTUR DENGAN METODE SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F

Tujuan Instruksional

Setelah melakukan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat mengetahui, memahami serta merencanakan tebal lapisan perkerasan jalan lentur dengan Metode SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F.

4.1. Umum

Metode SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F yang dikenal dengan AASHTO 1972 yang sudah dimodifikasi sesuai kondisi jalan di Indonesia. Metode ini merupakan metode dasar dalam ketentuan tebal perkerasan lentur untuk jalan baru dan penguatan perkerasan jalan lama.

4.2. Beban Lalu Lintas Berdasarkan Metode SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F

Berdasarkan SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F, beban lalu lintas dinyatakan dalam Lintas Ekuivalen Rencana (LER) yang langkah-langkah Perhitungan adalah sebagai berikut:

- a. Angka Ekuivalen dihitung untuk setiap jenis kendaraan dengan terlebih dahulu dihitung angka ekuivalen masing-masing sumbu. Rumus untuk menghitung angka ekuivalen sumbu tunggal dan sumbu angka ekuivalen sumbu ganda seperti pada rumus di bawah ini:

$$\text{Angka ekivalen sumbu tunggal} = \frac{\text{(beban satu sumbu tunggal dalam Kg)}^4}{8160} \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\text{Angka ekivalen sumbu ganda} = \frac{\text{(beban satu sumbu ganda dalam Kg)}^4}{8160} \dots\dots\dots (1.2)$$

Tabel 4.1 Perbedaan Antara metoda AASHTO 1972 Dan SNI 1732 - 1989 - F

No	AASHTO 1972	SNI 1732-1989-F
1	Terminal serviceability index adalah 2,0 atau 2,5	Indeks permukaan akhir terdiri dari 1; 1,5; 2,0; dan 2,5
2	Initial serviceability index adalah 4,2; karena lapis permukaan dibuat dari beton aspal	Indeks permukaan awal terdiri dari ≤ 2,4; 2,5 - 2,9; 3,0 - 3,4; 3,5 - 3,9; dan ≥ 4,0; akibat berbagai jenis lapis permukaan yang dapat dipilih.
3	Angka ekivalen ditentukan merupakan variable dalam beban sumbu, konfigurasi sumbu, SN, pt. angka ekivalen AASHTO 1972 = AASHTO 1993	Angka ekivalen ditentukan berdasarkan variable dalam beban dan konfigurasi sumbu
4	SN dinyatakan dalam inci	ITP dinyatakan dalam cm
5	Nomogram ada dua dan disiapkan untuk umur rencana 20 tahun	Nomogram ada Sembilan dan disiapkan untuk umur rencana 10 tahun, walaupun disediakan faktor penyesuaian (FP)

Sumber: Sukirman (1999)

Metode SKBI - 2.3.26.1987/SNI - 1732-1989-F tidak membedakan angka ekivalen sumbu tunggal roda tunggal dengan angka ekivalen sumbu tunggal roda ganda. Di samping itu metode ini terdapat rumus untuk menentukan angka ekivalen sumbu tripel. Penentuan angka ekivalen untuk sumbu tunggal roda tunggal dan sumbu tripel dapat digunakan rumus yang ada pada pedoman perencanaan

tebal lapis tambah perkerasan lentur No. PD.T – 05-2005 – B.

- b. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dihitung di awal umur rencana dengan menggunakan rumus untuk masing-masing kelompok jenis kendaraan antara lain:

$$\text{LHR awal Umur Rencana} = \text{LHRs} (1 + a)^n \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

LHRs = LHR hasil pengumpulan data

a = Faktor pertumbuhan lalu lintas dari pengumpulan data sampai awal umur rencana, persen/tahun

n = Lama waktu dari pengumpulan data jalan sampai awal umur rencana, tahun.

- c. Faktor distribusi kendaraan pada lajur rencana ditentukan berdasarkan jumlah lajur perkerasan jalan. Jika ruas jalan tidak memiliki batas lajur, atau hanya diketahui lebar saja, seperti pada Tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 4.2 Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jalur (n)
L < 5,5 m	1 Jalur
5,5 m < L < 8,25 m	2 Jalur
8,25 m < L < 11,25 m	3 Jalur
11,25 m < L < 15 m	4 Jalur
15 m < L < 18,75 m	5 Jalur
18,75 m < L < 22 m	6 Jalur

Faktor distribusi kendaraan ke lajur rencana dapat ditentukan melalui analisis hasil pengumpulan data volume lalu lintas. Jika tak dimiliki data tentang distribusi kendaraan ke lajur rencana dari hasil pengumpulan data, maka lambang koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana ditentukan menurut Tabel 4.3. Distribusi kendaraan pada jalan bebas hambatan (tol) antar kota berbeda dengan jalan tol dalam kota, karena kendaraan di jalan bebas hambatan

(tol) antar kota pada umumnya menggunakan lajur kiri, kecuali untuk posisi menyalip kendaraan lain. Oleh karena itu khusus untuk jalan tol sebaiknya menggunakan data yang di peroleh dari survei di jalan tol sejenis.

- d. Lintas Ekuivalen Pemula (LEP) sebagai lintas ekuivalen pada awal umur rencana dihitung dengan menggunakan Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Koefesien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Jalur	Kendaraan	Ringan *)	Kendaraan	Berat **)
	1 arah	2 arah	3 arah	4 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,45
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 jalur	-	0,20	-	0,40

*) berat total < 5 ton, misalnya: mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

**) berat total > 5 ton misalnya: bus, truck, traktor, semi trailer, trailer

$$LEP = \sum_{f=1}^n LHR_i \times C_i \times E_i \dots\dots\dots (3.1)$$

atau

$$LEP = \sum_{f=1}^n LHRT_i \times C_i \times E_i \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana:

- LEP : Lintas ekuivalen permulaan (di awal umur rencana)
- LHR_i : LHR jenis kendaraan i pada saat awal umur rencana, ditentukan dengan menggunakan rumus
- LHRT_i : LHRT jenis kendaraan i di awal umur rencana
- E_i : Angka ekuivalen untuk jenis kendaraan i
- C_i : Koefesien distribusi jenis kendaraan i

- e. Hitung Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) sebagai lintas di akhir umur rencana dengan Rumus di bawah ini:

$$LEA \dots\dots\dots = LEP (1 + i)^{ur} \dots\dots\dots (4.1)$$

dimana:

LEA : Lintas Ekivalen di akhir umur rencana, lss/hari/
lajur rencana.

LEP : Lintas Ekivalen permulaan (di awal umur rencana)

i : Faktor pertumbuhan lalu lintas, %/tahun

ur : Umur Rencana, tahun

- f. Hitung Lintas Ekivalen Rencana (LER) sebagai lintas ekivalen rencana dengan rumus,

$$LER = ((LEP + LEA)/2) \times FP \dots\dots\dots (4.2)$$

dimana:

LER : Lintas Ekivalen Rencana

FP : Faktor Penyesuaian Untuk Umur Rencana

**4.3. Daya Dukung Tanah Dasar Berdasarkan SKBI –
2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F**

Daya dukung tanah dasar dinyatakan dengan parameter daya dukung tanah (DDT) yang merupakan korelasi dari nilai CBR. Nilai CBR yang dipergunakan untuk menentukan DDT adalah CBR yang merupakan nilai wakil untuk satu segmen jalan.

Rumus korelasi antara lain CBR dengan DDT adalah:

$$DDT = 4,3 \log CBR + 1,7 \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

DDT : Daya dukung tanah dasar

CBR : CBR segmen

Tabel 4.4 Korelasi Antara CBR dan DDT

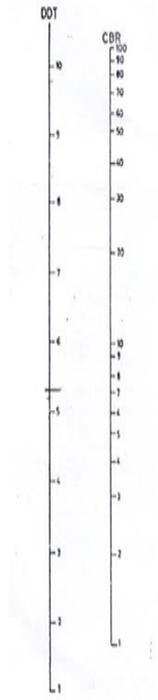
CBR	DDT
3	3,75
4	4,29
5	4,71
6	5,05
7	5,33
8	5,58

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

9	5,80
10	6,00
20	7,29
30	8,05
40	8,59
50	9,01
60	9,35
70	9,63
80	9,88
90	10,10
100	10,30

Sumber: Sukirman (2010)

Grafik: 4.1 Korelasi DDT dan CBR



4.4. Parameter Penunjuk Kondisi Lingkungan Sesuai SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F

Kinerja struktur perkerasan, dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di lokasi ruas jalan selama masa pelayanan jalan. Parameter penunjuk kondisi lingkungan sesuai metode ini adalah faktor regional (FR). Kondisi lingkungan yang mempengaruhi kinerja perkerasan jalan seperti curah hujan dan iklim tropis, elevasi muka air tanah, kelandaian muka jalan, fasilitas dan kondisi drainase, dan banyaknya kendaraan berat. Nilai FR memiliki rentangan antara 0,5 dan 4, berdasarkan pertimbangan teknis perencanaan dapat menambah nilai FR, sesuai catatan kaki seperti pada table di bawah ini:

Tabel 4.5 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6 - 10 %)		Kelandaian III (>10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤30%	>30%	≤30%	>30%	≤30%	>30%
Iklim I <900 mm/thn	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklim II > 900 mm/thn	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Catatan: Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Sedangkan daerah rawa-rawa, FR ditambah dengan 1,0.

Sumber: Sukirman (2009)

4.5. Indeks Permukaan Sesuai SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F

Tebal perkerasan yang dibutuhkan dipengaruhi oleh nilai kinerja struktur perkerasan pada saat jalan dibuka untuk melayani arus lalu lintas sesuai dengan yang diharapkan selama umur rencana, serta kondisi kinerja perkerasan di akhir umur rencana. Kinerja struktur perkerasan atau dinyatakan dalam Indeks permukaan (IPo) yang memiliki pengertian sama dengan serviceability index. IP pada awal umur rencana atau awal masa pelayanan jalan (IPo) ditentukan dari jenis perkerasan yang dipergunakan untuk lapis permukaan , sebagai berikut:

Table 4.6 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IP_o)

Jenis Permukaan	IP _o	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	

*) Alat pengukur roughness yang dipakai adalah roughometer NAASRA, yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 station wagon, dengan kecepatan kendaraan ± 32 km per jam.

Sumber: Sukirman (2009)

IP di akhir umur rencana yang diharapkan (IP_f) ditentukan berdasarkan fungsi jalan dan LER. Kinerja perkerasan jalan di akhir umur rencana.

Tabel 4.7 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IP_f)

LER lss/hari/lajur rencana	Fungsi Jalan			
	Local	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-

100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
>1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber: Sukirman (2009)

Tabel 4.8. Kinerja Struktur Perkerasan Jalan di Akhir Umur Rencana

IP	Kinerja Struktur Perkerasan
1,0	Permukaan jalan dalam keadaan rusak berat, sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan
1,5	Tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak putus)
2,0	tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap
2,5	Permukaan jalan masih cukup stabil dan baik
> 2,5	Permukaan jalan masih stabil dan baik

Sumber: CER: 04

4.6. Rumus Dasar Metode SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F

Rumus dasar metode ini mengacu kepada rumus AASHTO'72, namun dimodifikasi untuk Indonesia. Dengan demikian bentuknya diubah seperti pada rumus di bawah ini:

$$\log (\text{LER} \times 3650) = 9,36 \log ((\text{ITP}/2,54) + 1) - 0,20 + (G_t \dots \dots \dots / (0,40 + (1094 / ((\text{ITP}/2,54) + 1)^{5,19})) + (\log (1/\text{FR})) + 0,372 (\text{DDT}) - 3,0 \tag{6}$$

diamana:

- LER : Lintas Ekuivalen Rencana, Dinyatakan dalam lss/hari/lajur rencana
- 3650 : Jumlah hari dalam 10 tahun (karena nomogram disediakan untuk umur rencana 10 tahun)
- ITP : indeks tebal perkerasan untuk keadaan lingkungan dan daya dukung sesuai lokasi jalan dan indeks

permukaan di akhir umur rencana (nama berasal dari *thickness indeks* versi AASHTO'72)

- DDT : Daya dukung tanah
- FR : Faktor regional
- G_t : $\log ((IP_0 - IPT)/(4,2-1,5))$

Secara grafis, digambarkan dalam bentuk nomogram. Indonesia memiliki berbagai nilai IP dan IP maka nomogram yang dihasilkan dari ada 9 buah, berdasarkan nilai IP dan IP yang terdapat pada nomogram tersebut, diperoleh indeks tebal perkerasan (ITP) jalan.

4.7. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks Tebal Perkerasan merupakan angka yang menunjukkan nilai struktural perkerasan jalan yang terdiri dari beberapa lapisan dengan mutu yang berbeda. Oleh karena itu menentukan diperlukan koefisien relative sehingga tebal perkerasan setiap lapisan setelah dikalikan dengan koefisien relative dapat dijumlahkan. Jadi dihitung pada rumus,

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots\dots\dots (7)$$

diamana:

- ITP : Indeks Tebal perkerasan
- A_1 : Koefisien kekuatan relative lapis permukaan
- A_2 : Koefisien kekuatan relative lapis pondasi
- A_3 : Koefisien kekuatan relative lapis pondasi bawah
- D_1 : Tebal lapisan permukaan
- D_2 : Tebal lapisan pondasi
- D_3 : Tebal lapisan pondasi

4.8. Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Metode SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F

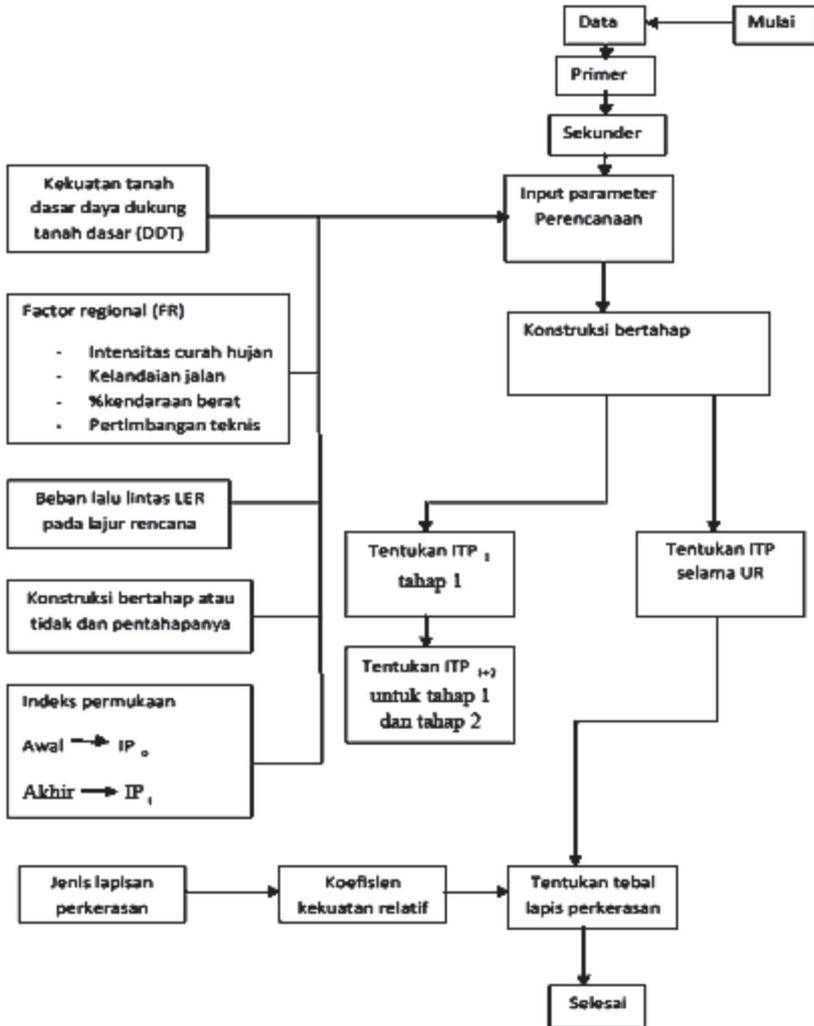
Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan sesuai metode ini, antara lain sebagai berikut:

- a. Tentukan apakah konstruksi pekerjaan akan dilaksanakan bertahap atau tidak bertahap. Jika dilaksanakan bertahap tentukan masa pelayanan tahap pertama dan kedua.

- b. Tentukan beban lalu lintas pada lajur rencana (LER). Jika konstruksi Perkerasan dilaksanakan secara bertahap, maka beban lalu lintas dihitung sebagai LER_1 dan LER_2 .
- c. Tentukan besarnya daya dukung tanah dasar (DDT)
- d. Tentukan FR
- e. Tentukan indeks permukaan awal dan akhir umur rencana
- f. Tentukan ITP untuk konstruksi tidak bertahap atau ITP_1 dan ITP_{1+2} untuk konstruksi bertahap.
- g. Tentukan tebal lapis permukaan (D_1) atau D_a dan D_b untuk konstruksi bertahap, lapis pondasi (D_2), lapis pondasi bawah (D_3).

Sebaiknya, tebal perkerasan direncanakan untuk beberapa variasi jenis dan tebal lapis perkerasan, lalu di analisis tentang biaya konstruksi, kesukaran dalam pelaksanaan dan pemeliharaan, untuk akhirnya di putuskan hasil perencanaan yang optimal.

Gambar 4.1 Bagan Alir Perencanaan Tebal Perkerasan SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F



Sumber: Sukirman (1999)

4.9. Perhitungan Perkerasan Lentur dengan Metode SKBI – 2.3.26.1987/SNI – 1732-1989-F pada Studi Kasus Ruas Jalan

Dimana data lajur harian rata-rata pada Jalan Kebo Iwa,

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan ringan (1 + 1)} &= 5393 \text{ kendaraan} \\ \text{Truk ringan (3 + 5)} &= \frac{10 \text{ kendaraan} +}{5403 \text{ kendaraan}} \end{aligned}$$

4.9.1. Umur Rencana 10 tahun

Umur rencana untuk perencanaan tebal perkerasan jalan lentur overlay pada Jl. Kebo Iwa adalah 10 tahun.

4.9.2. Koefisien Distribusi Kendaraan = 1 , 1 Jalur 2 Arah

Jumlah lajur diketahui berdasarkan survey di Jl. Kebo Iwa, yang dimana pada Jl. Kebo Iwa lebar perkerasannya 3 m, dan dilalui kendaraan 2 arah yang berlawanan, maka didapat koefisien distribusi kendaraan © sesuai Daftar II pada Bab II sebesar 1.5

4.9.3. Faktor Regional (FR) = 1.5

Untuk menentukan nilai FR didasarkan pada,

1. kelandaian kota Denpasar yang ditinjau dari Topografi keadaan medan Kota Denpasar secara umum miring ke arah selatan dengan ketinggian berkisar antara 0-75 m diatas permukaan laut. Morfologi landai dengan kemiringan lahan sebagian besar berkisar antara 0-5 % namun dibagian tepi kemiringannya bisa mencapai 15 %, dari kemiringan tersebut kelandaian Jl. Kebo Iwa (< 6%).
2. % kelandaian berat, dihitung dari data lalu lintas Jl. Kebo Iwa, Denpasar-Bali sebagai berikut:

Tabel 4.9 Data Lalu lintas Jl. Kebo Iwa

Jenis Kendaraan	LHR Kendaraan	%
Kendaraan ringan	5393	99.81491764

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Truk ringan	10	0.1850823617
Jumlah kendaraan	5403	100

Sumber: Dinas Perhubungan Kota Denpasar

$$Akb = 0.1850823617$$

$$= 0.1850823617$$

$$Akr = 99.81491764$$

$$= 99.81491764$$

maka

$$Akb = \frac{0.1850823617}{99.81491764} \times 100\%$$

$$= 0.18542555517 \% < 30\%$$

3. Iklim (I), curah hujan per tahun pada Jl. Kebo Iwa diperlukan data total curah hujan per tahun pada Sta Ds. Padang Sumbu ,Kec. Denpasar Barat, kota Denpasar, Provinsi Bali, sebagai berikut:

Tabel 4.10 Total Curah Hujan Pertahun Sta Padang Sumbu Tahun 2004 – 2013

Tahun	Total Curah Hujan (mm)
2004	568.4
2005	1114.5
2006	1100.5
2007	568.4
2008	1026
2009	1827.8
2010	1263
2011	1412.4
2012	550.9
2013	861.5
Total	10293.4

Sumber: Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar

Menghitung besarnya jumlah hujan per tahun

$$I/\text{tahun} = \frac{\text{Jumlah total hujan tahun 2004 - 2013}}{n \text{ (banyak data)}}$$

$$I/\text{tahun} = \frac{10293.4}{10}$$

$$I/\text{tahun} = 1029.34 \text{ mm/tahun}$$

Maka curah hujan per tahun > 900 mm/tahun, dari ketiga perhitungan diatas, dengan menggunakan Tabel 1.4 maka didapat nilai FR pada Jl. Kebo Iwa, Denpasar - Bali adalah 1.5

4.9.4. Perhitungan Lapis Tambah Overlay pada Jl. Kebo Iwa, Denpasar

A. Perhitungan LHR pada Jl. Kebo Iwa, Denpasar

Di awal umur rencana menghitung LHR dengan menggunakan rumus,

$$\text{LHR awal umur rencana} = (1 + a)^n \text{ LHR.}$$

dimana:

LHR : LHR hasil pengumpulan data.

a : Faktor pertumbuhan lalu lintas dari saat pertama pengumpulan data hingga awal umur rencana, persen/tahun

n : Lama waktu dari saat pertama pengumpulan data hingga awal umur rencana/tahun.

LHR pada tahun 2013 (awal umur rencana),

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan ringan (1 + 1)} &= (1 + 5 \%) \times 5393 &= 5662.65 \\ \text{Truk (3 + 5)} &= (1 + 4 \%) \times 10 &= 10.4 \end{aligned}$$

LHR pada tahun 2023 (akhir umur rencana)

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan ringan (1 + 1)} &= (1 + 5 \%)^{10} \times 5662.6 = 9223.87 \\ \text{Truk (3 + 5)} &= (1 + 4 \%)^{10} \times 10.4 = 15.40 \end{aligned}$$

Nilai Angka ekivalen (E) masing-masing kendaraan, sesuai Daftar III, pada Bab II,

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan ringan (1 + 1)} &= 0.0002 + 0.0002 = 0.0004 \\ \text{Truk (3 + 5)} &= 0.0183 + 0.1410 = 0.1593 \end{aligned}$$

B. Nilai Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) sebagai lintas ekivalen pada awal umur rencana dihitung dengan rumus,

$$\Sigma \text{LHR} \times \text{E} \times \text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan ringan (1 + 1)} &= 5662.6 \times 0.0004 \times 1 = 2.2651 \\ \text{Truk ringan (3 + 5)} &= 10.4 \times 0.1593 \times 1 = \underline{1.6567} + \\ &\text{LEP} = 3.9218 \end{aligned}$$

C. Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Sebagai lintas ekivalen di akhir umur rencana dengan menggunakan rumus,

$$\text{LEA} = \text{LEP} (1 + i)^{\text{UR}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan ringan (1 + 1)} &= 2.26506 \times (1 \times 10)^{10} = 226.51 \\ \text{Truk ringan (3 + 5)} &= 1.65672 \times (1 \times 10)^{10} = \underline{165.67} + \\ &\text{LEA} = 392.18 \end{aligned}$$

D. Lintas Ekivalen Rencana (LER) sebagai lintas ekivalen rencana dengan rumus,

$$\text{LER} = ((\text{LEP} + \text{LEA})/2) \times \text{FP}$$

$$\text{LER} = ((3.92178 + 392.178)/2) \times 1$$

$$\text{LER} = 198.04989$$

$$1.67 \times \text{LER} = 330.8$$

E. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT)

Daya dukung tanah dasar dinyatakan dengan (DDT) yang merupakan korelasi dari nilai CBR. Nilai CBR yang dipergunakan untuk menentukan DDT adalah CBR yang merupakan nilai wakil untuk segmen jalan.

$$\text{DDT} = 4.3 \log 5.1 + 1.7$$

$$\text{DDT} = 4.8$$

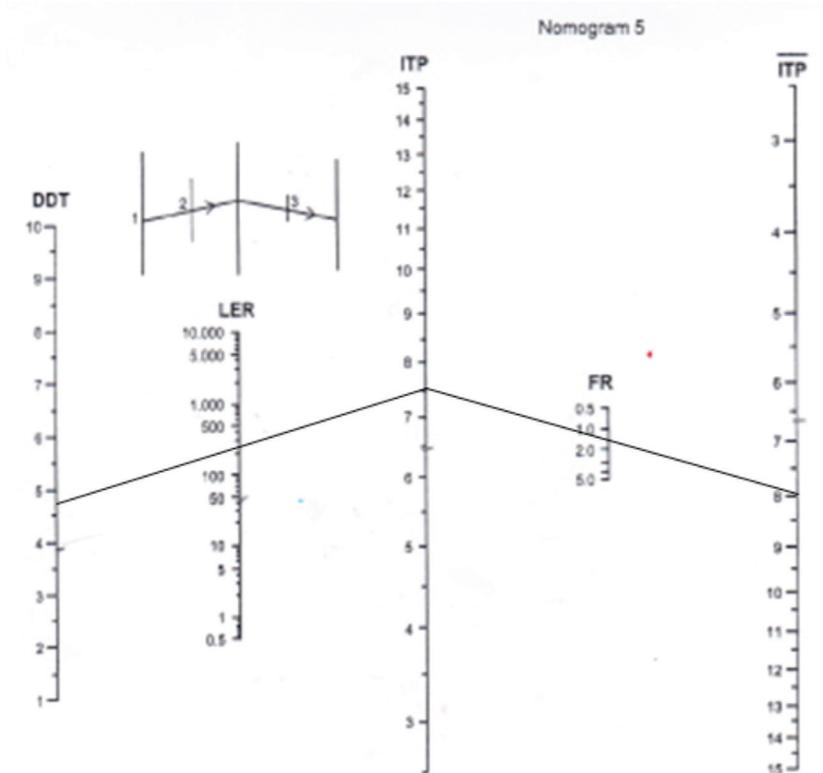
F. Menentukan ITP

$$\begin{aligned} \text{CBR subgrad} &= (5.1 \%/1) \text{ DDT} = (4.3 \log 5.1 \%) \times 1.7 \\ IP_t &= 1.5 \\ IP_o &= 3.9-3.5 \\ FR &= 1.5 \end{aligned}$$

Berdasarkan data tersebut di atas, didapat nomogram No 5 Di SNI 1732-1989-F Untuk menentukan ITP

$$\begin{aligned} 1.67 \times \text{LER} &= 330.8 \\ \text{ITP} &= 8 \end{aligned}$$

Gambar 4.2 Nomogram untuk $IP_t = 1.5$ dan $IP_o = 3.9-3.5$



Menetapkan tebal perkerasan overlay:

kekuatan jalan lama didapat:

$$\begin{aligned} \text{Asbuton (MS.744) 4 cm} &= 70\% \times 4 \times 0.35 = 0.98 \\ \text{Batu pecah (CBR 100) 20 cm} &= 100\% \times 20 \times 0.14 = \underline{2.8} + \\ &\text{ITP ada 3.78} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ITP} &= \text{ITP} - \text{ITP ada} \\ &= 8 - 3.78 \\ &= 4.25 \end{aligned}$$

Penentuan tebal perkerasan, dimana mencari tebal perkerasan lentur dengan rumus,

$$\begin{aligned} \text{ITP} &= a_1 D_1 + a_2 D_2 \\ \text{HRS } a_1 &= 0.35 \text{ tebal padat HRS 5 cm} \\ \text{ATB } a_2 &= 0.26 \\ \text{ITP} &= (0.35 \times 5) + 0.26 \times D_2 \\ 4.25 &= (1.75) + (0.26 \times 15.77) \\ \text{HRS} &= 5 \\ \text{ATB} &= 15.77 \end{aligned}$$



BAB 5 PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN JALAN LENTUR METODA MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN¹

Tujuan Instruksional

Setelah melakukan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat mengetahui, memahami serta merencanakan tebal lapisan perkerasan jalan lentur dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan.

5.1. Metoda Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013

Manual desain perkerasan ini digunakan untuk menghasilkan desain awal (berdasarkan bagan desain) yang kemudian hasil tersebut diperiksa terhadap pedoman desain perkerasan PD – T-01-2002-B, dan *Software* desain Perencanaan Jalan Perkerasan Lentur (SDPJL) untuk desain perkerasan lentur, dan dengan PD – T-14-2003 untuk desain perkerasan kaku. Manual ini akan membantu dalam meyakinkan kecukupan struktural dan kepraktisan konstruksi untuk kondisi beban dan iklim Indonesia. Sebagai konsekuensinya, saat memvalidasi kecukupan struktural, sangat penting untuk menguasai elemen kunci tertentu dari metode desain dalam manual ini. Prosedur validasi harus menggunakan ketentuan umur rencana, beban, iklim, tanah dasar lunak dan batasan konstruksi yang diuraikan dalam manual ini, dan dilakukan dengan penuh pertimbangan dan kehati-hatian. Perubahan yang dilakukan terhadap desain

1 Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Desain Perkerasan Jalan (No. 02/M/BM/2013)*, (Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2013).

awal yang menggunakan manual ini harus dilakukan secara benar dalam hal memberikan biaya siklus umur (*life cycle cost*) terendah.

5.1.1. Acuan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP)

Metoda Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 ini mengacu terhadap beberapa pedoman, yaitu:

- a. PD – T-01-2002-B Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur
- b. PD – T-14-2003 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Beton Semen
- c. PD – T-05-2005 Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan
- d. *Austroads, Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Pavements*, 2008
- e. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structure*, 1993.

5.2. Lalu Lintas

Menurut Undang-undang No 22 tahun 2009 lalu lintas merupakan gerak Kendaraan dan orang di Ruang Lalu Lintas Jalan, sedangkan yang dimaksud dengan Ruang Lalu Lintas Jalan adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa Jalan dan fasilitas pendukung.

5.2.1. Analisis Volume Lalu Lintas

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

1. Survey lalu lintas aktual, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Dalam pelaksanaan survey agar mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan menggunakan Cara Manual PD – T-19-2004-B atau dapat menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil-hasil survey lalu lintas sebelumnya.

3. Untuk jalan dengan lalu lintas rendah dapat menggunakan nilai perkiraan.

Dalam analisis lalu lintas, terutama untuk penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) agar mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 97). LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor, ditambah 30 % jumlah sepeda motor.

Sangat penting untuk memperkirakan volume lalu lintas yang realistis. Terdapat kecenderungan secara historis untuk menaikkan data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi. Hal ini tidak boleh dilakukan untuk kebutuhan apapun. Survey cepat secara independen arus cepat dibuat oleh desainer untuk memverifikasi data lalu lintas jika terdapat keraguan terhadap data.

5.2.2. Jenis Kendaraan

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan di dalam Tabel 5.5. Dalam melakukan survey lalu lintas harus menggunakan pembagian jenis kendaraan dan muatannya seperti yang tertulis di dalam tabel tersebut. C. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka pada Tabel 5.1 digunakan sebagai nilai minimum.

Tabel 5.1 Faktor pertumbuhan lalu lintas (i) minimum untuk desain

	2011 - 2020	> 2021 - 2030
Arteri Perkotaan (%)	5	4
Kolektor Rural (%)	3,5	2,5
Jalan Desa (%)	1	1

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut:

$$R = ((1 + 0,01i)^n) / 0,01 \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i : Tingkat pertumbuhan tahunan (%)

UR : Umur rencana (tahun)

5.2.3. Pengaruh Alihan Lalu Lintas (*Traffic Diversion*)

Untuk analisis lalu lintas pada ruas jalan yang didesain harus diperhatikan faktor alihan lalu lintas yang didasarkan pada analisis secara jaringan dengan memperhitungkan proyeksi peningkatan kapasitas ruas jalan yang ada atau pembangunan ruas jalan baru dalam jaringan tersebut, dan pengaruhnya terhadap volume lalu lintas dan beban terhadap ruas jalan yang didesain.

5.2.4. Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam Tabel 5.2. Kapasitas pada lajur desain tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu kepada Permen PU No.19/PRT/M/2011 mengenai Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan Rasio Volume Kapasitas (RVK) yang harus dipenuhi. Kapasitas lajur maksimum agar mengacu pada MKJI.

Tabel 5.2 Faktor distribusi lajur (D_v)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

5.2.5. Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

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

1. Studi jembatan timbang/timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain;
2. Studi jembatan timbang yang telah pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain;
3. Tabel 5.3.
4. Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Teknik.

Ketentuan untuk cara pengumpulan data beban lalu lintas dapat dilihat dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Ketentuan Cara Pengumpulan Data Beban Lalu Lintas

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Lalu Lintas
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 4
Jalan Sedang	1 atau 2 atau 3 atau 4
Jalan Kecil	1 atau 2 atau 3 atau 4

Data yang diperoleh dari metode 1, 2 atau 4 harus menunjukkan konsistensi dengan data pada Tabel 5.5.

Jika survey beban lalu lintas menggunakan sistem timbangan portabel, sistem harus mempunyai kapasitas beban satu roda gandar minimum 18 ton atau kapasitas beban satu sumbu minimum 35 ton. Data yang diperoleh dari sistem *Weigh in Motion* hanya bisa digunakan bila alat timbang tersebut telah dikalibrasi secara menyeluruh terhadap data jembatan timbang.

5.2.6. Pengendalian Beban Sumbu

Untuk keperluan desain, tingkat pembebanan saat ini (aktual) diasumsikan berlangsung sampai tahun 2020. Setelah tahun 2020, diasumsikan beban berlebih terkendali dengan beban sumbu nominal 120 kN. Bina Marga dapat menentukan waktu implementasi efektif alternatif dan mengendalikan beban izin kapan saja.

5.2.7. Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu untuk ruas jalan Kelas I. Namun demikian nilai CESA selalu ditentukan berdasarkan beban sumbu standar 80 kN.

5.2.8. Distribusi Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

Dalam pedoman desain perkerasan kaku PD – T-14-2003, desain perkerasan kaku didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (*heavy vehicle axle group*, HVAG) dan bukan pada nilai CESA. Karakteristik proporsi sumbu dan proporsi beban untuk setiap kelompok sumbu dapat menggunakan data hasil survey jembatan timbang. Distribusi kelompok sumbu digunakan untuk memeriksa hasil desain dengan pedoman desain PD – T-14-2003.

5.2.9. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai:

$$ESA = \sum_{\text{jenis kendaraan}} LHTR \times VDF \dots \dots \dots (2.1)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

ESA : Lintasan sumbu standar ekuivalen (*Equivalent Standard Axle*) untuk 1 (satu) hari

LHRT : Lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu.

CESA : Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas.

5.2.10. Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah

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

Tabel 5.4 *Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah (kasus beban berlebih)*

Deskripsi Jalan	LHRT Dua Arah	Kendaraan Berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (tahun)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	Kelompok Sumbu/ Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG	ESA/HVAG (<i>overloaded</i>)	Lalin desain Indikatif <i>Overloaded</i>
Jalan desa minor dg akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil 2 arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^4
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^5
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3.5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^6$
Jalan kolektor	2000	7	20	3.5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^6

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Tabel 5.5 Klasifikasi kendaraan dan nilai VDF standard

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

Catatan :

1. Data didasarkan pada survey beban lalu lintas arteri Pulau Jawa – 2011. Lihat hasil survey WIM 2011 untuk informasi lebih lanjut
2. Perhitungan lalu lintas untuk desain perkerasan harus meliputi semua kelas kendaraan dalam daftar dengan sub kelompok muatan seperti yang dicantumkan.

5.3. Level Desain dan Pemicu Penanganan

Terdapat dua tahap dalam analisis dan penanganan perkerasan:

Tahap Perencanaan Pemrograman (Tingkat Jaringan)	Pemilihan calon ruas secara luas dan penanganan global
Tahap Desain (Tingkat Proyek)	Pengujian dengan interval pendek dan penanganan terinci untuk segmen-segmen yang seragam

Tabel 5.6 berikut menyajikan garis besar nilai pemicu yang dapat diterapkan pada tahap perencanaan pemrograman.

Tabel 5.6 Umur Rencana, Hubungan Nilai Pemicu Penanganan dan Jenis Pelapisan Perkerasan

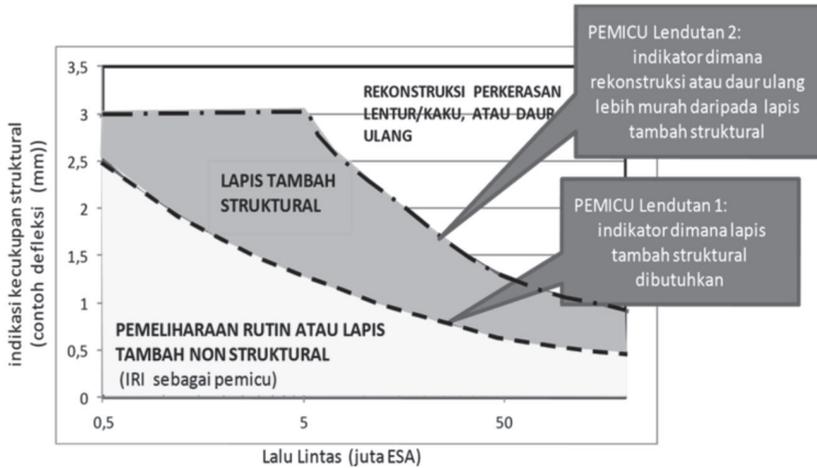
Kriteria Beban Lalin (juta ESA _g)	< 0,5	0,5 – 30	> 30
Umur Rencana Perkerasan Lentur	seluruh penanganan -10 tahun	Rekonstruksi – 20 tahun <i>overlay</i> struktural – 15 tahun <i>overlay</i> non struktural – 10 tahun penanganan sementara – sesuai kebutuhan	
Pemicu tahap perencanaan pemrograman (tingkat jaringan)	- IRI - visual	- IRI - visual - lendutan interval 500 m	- IRI - visual - lendutan interval ≥ 500 m - core atau test pit pada 5000 m

Nilai pemicu dalam manual ini didefinisikan sebagai nilai batas dimana suatu penanganan perlu atau layak dilaksanakan (lihat Tabel 5.7 dan Gambar 5.1).

Tabel 5.7 Deskripsi Pemicu (Trigger)

Deskripsi	Pengukuran	Tujuan
Pemicu Lendutan	Lendutan BB	Titik dimana dibutuhkan <i>overlay</i> struktural.
Pemicu Lendutan 2		Titik dimana rekonstruksi lebih murah dari pada <i>overlay</i> .
Pemicu IRI 1	Nilai IRI	Titik dimana dibutuhkan <i>overlay</i> non struktural.
Pemicu IRI 2		Titik dimana dibutuhkan <i>overlay</i> struktural, tapi lebih diutamakan pemicu lendutan 1.
Pemicu IRI 3		Titik dimana rekonstruksi lebih murah daripada <i>overlay</i> , tapi lebih diutamakan pemicu lendutan 2.
Pemicu Kondisi 1	Kedalaman alur > 30 mm, visual: retak, pelepasan butir, pengelupasan, atau indeks ketidakrataan > 8, atau kendala ketinggian. Tidak dibutuhkan rekonstruksi.	Titik dimana pengupasan (<i>milling</i>) untuk memperbaiki bentuk sebelum <i>overlay</i> diperlukan.

Gambar 5.1 Pemicu Konseptual untuk Penanganan Perkerasan



Tabel 5.8, Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 memberikan detail penanganan dan jenis nilai pemicu untuk pemilihan penanganan untuk segmen-segmen yang seragam pada tahap desain. Pemilihan penanganan pada tahap desain juga tetap memerlukan pertimbangan teknis (*engineering judgment*).

Tabel 5.8 Pemilihan Jenis Penanganan pada Tahap Desain untuk Perkerasan Lentur Eksisting dan Beban Lalin < 1 Juta ESA_{4/10}

Penanganan		Pemicu untuk Setiap Segmen yang Seragam
1	Hanya pemeliharaan rutin preventif	IRI di bawah Pemicu IRI 1, luas kerusakan serius < 5 % terhadap total area
2	Penambalan berat (<i>Heavy Patching</i>)	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 2 atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh segmen jalan yang membutuhkan <i>heavy patching</i> tidak lebih dari 30 % total area (jika lebih besar lihat 5 atau 6)

3	Kupas dan ganti material di area tertentu	dibutuhkan jika elevasi harus sama dengan elevasi struktur atau kereb, dll, jika kondisi perkerasan eksisting memiliki alur cukup dalam dan retak cukup parah.
4	Lapis tambah/ <i>overlay</i>	Pemicu IRI 1 dilampaui.
5	Rekonstruksi	Lendutan Pemicu 2 dilampaui, tebal lapisan aspal < 10 cm, atau <i>heavy patching</i> lebih dari 30% total area, atau dinilai lebih dipilih atau lebih murah daripada daur ulang.
6	Daur ulang	Lendutan di atas Lendutan Pemicu 2, lapisan aspal > 10 cm atau <i>heavy patching</i> lebih dari 30 % total area.

Tabel 5.9 Pemilihan Jenis Penanganan pada Tahap Desain untuk Perkerasan Lentur Eksisting dan Beban Lalin 1 – 30 Juta ESA_{4/10}

Penanganan		Pemicu untuk Setiap Segmen yang Seragam
1	Hanya pemeliharaan rutin	Lendutan dan IRI di bawah Pemicu 1, luas kerusakan serius < 5 % terhadap total area
2	<i>Heavy patching</i>	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 2 atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh segmen jalan yang membutuhkan <i>heavy patching</i> lebih dari 30% total area (jika lebih besar lihat 5 atau 6)
3	Kupas dan ganti material di area tertentu	Retak buaya yang luas, atau alur > 30 mm atau ketidakrataan > Pemicu IRI 2
4	<i>Overlay</i> non struktural	Lendutan kurang dari Pemicu Lendutan 1, indeks ketidak-rataan lebih besar dari pemicu IRI 1

5	<i>Overlay</i> struktural	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 1 dan kurang dari Pemicu Lendutan 2. Tipe dan tebal penanganan ditentukan dari hasil analisis test pit.
6	Rekonstruksi atau daur ulang	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 2. Tipe dan tebal penanganan ditentukan dari hasil analisis test pit.
7	Daur ulang vs rekonstruksi	Analisis biaya selama umur pelayanan harus dilakukan terhadap semua opsi yang layak, termasuk daur ulang, rekonstruksi perkerasan lentur dan rekonstruksi perkerasan kaku.

Tabel 5.10 *Pemilihan Jenis Penanganan pada Tahap Desain untuk Perkerasan Lentur Eksisting dan Beban Lalin > 30 Juta ESA_{4/10}*

Penanganan		Pemicu untuk Setiap Segmen yang Seragam
1	Hanya pemeliharaan rutin	Lendutan dan IRI di bawah Pemicu 1, luas kerusakan serius < 5 % terhadap total area
2	<i>Heavy patching</i>	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 2 atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh segmen jalan yang membutuhkan <i>heavy patching</i> lebih dari 30% total area (jika lebih besar lihat 5 atau 6)
3	Kupas dan ganti material di area tertentu	Retak buaya yang luas, atau alur > 30 mm atau ketidak-rataan > Pemicu IRI 2
4	<i>Overlay</i> non struktural	Lendutan kurang dari Pemicu Lendutan 1, indeks ketidak-rataan lebih besar dari pemicu IRI 1

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

5	<i>Overlay</i> struktural	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 1 dan kurang dari Pemicu Lendutan 2. Tipe dan tebal penanganan ditentukan dari hasil analisis test pit.
6	Rekonstruksi atau daur ulang	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 2. Tipe dan tebal penanganan ditentukan dari hasil analisis test pit.
7	Daur ulang vs rekonstruksi	Analisis biaya selama umur pelayanan harus dilakukan terhadap semua opsi yang layak, termasuk daur ulang, rekonstruksi perkerasan lentur dan rekonstruksi perkerasan kaku.

Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 memberikan nilai pemicu untuk tahap pelaksanaan untuk suatu kisaran tingkat lalu lintas.

Tabel 5.11 Pemicu Ketidak-Rataan untuk Overlay dan Rekonstruksi

LHRT (kend/jam)	Pemicu IRI 1 untuk <i>overlay</i> non-struktural	Pemicu IRI 2 untuk <i>overlay</i> struktural (Lalu lintas < 1 juta ESA_4) atau pengupasan (untuk lalin > 1 juta ESA_4 harus digunakan Pemicu Lendutan)	Pemicu IRI 3 untuk investigasi rekonstruksi
< 200	6,75	8	12
> 200 – 500	6,5		
> 500 – 7500	6,25		
> 7500	6		

Garis Besar Proses Pemilihan Penanganan:

1. Tentukan pembebanan lalu lintas (nilai $ESA_{4/10}$).
2. Tentukan umur desain dari Tabel 5.6.
3. Gunakan Tabel 5.8, Tabel 5.9, Tabel 5.10, Tabel 5.11 atau Tabel 5.12 untuk memilih jenis atau beberapa jenis penanganan yang optimum dan dapat menggunakan pertimbangan (*judgment*) jika diperlukan.
4. Hitung ketebalan penanganan alternatif aktual menggunakan manual ini, Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru dan SDPJL yang merupakan pengembangan dari Pedoman Pd T-01-2002-B dan Pd T-05-2005.
5. Jika diperoleh lebih dari satu solusi yang memungkinkan, pilih solusi yang paling efektif dengan menggunakan analisis *discounted whole-of-life*.

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Tabel 5.12 *Lendutan Pemicu untuk Lapis Tambah dan Rekonstruksi*

Lalin untuk 10 Tahun (juta ESA/ lajur)	Jenis Lapis Permukaan	Lendutan Pemicu untuk Overlay ² (Lendutan Pemicu 1)		Lendutan Pemicu untuk Investigasi untuk Rekonstruksi atau Daur Ulang (Lendutan Pemicu 2)		
		Lendutan Karakteristik Benkelman Beam (mm) ³	Lengkungan FWD D ₀ -D ₂₀₀ (mm)	Lendutan Karakteristik Benkelman Beam (mm) ⁴	Lengkungan FWD D ₀ -D ₂₀₀ (mm)	
< 0,1	HRS	> 2, 3	Tidak digunakan	> 3, 0	Tidak digunakan	
0,1 - 0,2	HRS	> 2,1	0,63			
0,2 - 0,5	HRS	> 2,0	0,48			
0,5 - 1	HRS	> 1,5	0,39	> 2,5	0,66	
1- 2	HRS	> 1,3	0,31		0,54	
2 - 3	AC	> 1,25	0,28		0,46	
2 - 5	AC	> 1,2	0,23		0,39	
5 - 7	AC	> 1,15	0,21		0,35	
7 - 10	AC	> 1,1	0,19		0,31	
10 - 30	AC	> 0,95	0,13		1,35	0,180
30 - 50	AC/perkerasan kaku	> 0,88	0,11		1,2	0,175
50 - 100	AC/perkerasan kaku	> 0,8	0,091	1,0	0,170	
100 - 200	AC/perkerasan kaku	> 0,75	0,082	0,9	0,160	

Catatan:

1. Di bawah nilai-nilai ini tidak perlu overlay, kecuali untuk memperbaiki bentuk atau jika terdapat kerusakan permukaan.
2. Faktor koreksi diterapkan untuk pembacaan FWD.
3. Faktor koreksi diterapkan untuk pembacaan FWD.

5.4. Analisis Perkerasan Existing

Tanah dasar dan ketebalan perkerasan eksisting dapat sangat beragam, sehingga harus ditentukan segmen-segmen yang seragam. Kemudian untuk desain, nilai-nilai karakteristik digunakan sesuai prinsip-prinsip yang sama seperti untuk analisis tanah dasar perkerasan baru, sebagai berikut:

1. Koefisien variasi untuk segmen yang seragam = standar deviasi CBR/CBR rata-rata.
2. Koefisien variasi segmen yang seragam tidak boleh melebihi 0,3.
3. CBR karakteristik = CBR rata-rata - 1,3 x Standar Deviasi.
4. Ketebalan sisa perkerasan *existing* sesudah penanganan yang lain = Ketebalan Sisa rata-rata - 1,3 x Standar Deviasi.

5.4.1. Analisis dan Penanganan Test Pit untuk Lalu Lintas Lebih dari 10 Juta ESA

Data lendutan dianggap tidak cukup memadai untuk desain *overlay* atau rekonstruksi untuk jalan dengan lalu lintas diatas 10 juta ESA. Informasi test pit memberikan desain perkerasan yang lebih kuat baik dengan menggunakan Desain Mekanistik Umum atau metode AASHTO.

Ketentuan harus dibuat untuk faktor berikut:

1. Modulus material *existing* harus diukur atau berlaku. Modulus atau nilai SN material yang biasa diambil dapat digunakan untuk material lainnya dan untuk tanah dasar.
2. Untuk mengetahui perilaku tanah lunak akibat beban dinamis membutuhkan riset tersendiri. Untuk perkiraan awal, CBR untuk tanah dasar diatas timbunan rendah di tanah lunak atau gambut digunakan nilai CBR maksimum dari, dan tidak mengambil nilai CBR timbunan atau dari material lapis penopang.
3. Jika lalu lintas melebihi 30 juta ESA dan dibutuhkan rekonstruksi, dapat dipertimbangkan digunakan rekonstruksi perkerasan kaku.
4. Jika perkerasan kaku digunakan diatas pondasi jalan tanah lunak maka perkerasan harus dibangun dengan lebar

- penuh. Sambungan longitudinal antara perkerasan kaku dan lentur di dalam daerah badan jalan akan sulit dipelihara jika berlokasi diatas timbunan rendah diatas tanah lunak.
5. Jika lalu lintas dalam kisaran 10 – 30 juta ESA dan lendutan cukup kecil, maka dapat dipertimbangkan digunakan *overlay* aspal modifikasi SBS (*styrene butadiene styrene*).
 6. Jika kedalaman lapisan tanah lunak atau jika bukti historis menunjukkan kerusakan berlebihan pada perkerasan eksisting, maka metode pendukung seperti cakar ayam atau *micro pile* yang dirangkai dengan *poer* dapat digunakan.

5.4.2. Modulus Bahan

Karakteristik modulus bahan dan rasio *poisson* untuk iklim dan kondisi pembebanan Indonesia diberikan dalam Tabel 5.13. Modulus lapisan aspal telah ditentukan berdasarkan rentang temperatur udara 25°C sampai 44°C dan Temperatur Perkerasan Tahunan Rata-rata (MAPT) 41°C.

Tabel 5.13 Karakteristik Modulus Bahan Berpengikat digunakan untuk Pengembangan Bagan Desain dan untuk Desain Mekanistik

Jenis material	Modulus Tipikal (MPa)	Rasio <i>Poissons</i>
Material distabilisasi dengan <i>Bitumen foam</i> (nilai efektif jangka panjang)	600	0,40
Campuran aspal dengan aspal yang mengelupas (dibuang)	300	0,35
Campuran aspal yang retak	600	0,35

5.5. Desain Ketebalan Lapis Tambah (Overlay)

Pendekatan dalam penentuan lapis tambah secara umum terdapat dua kriteria, yakni kriteria deformasi permanen menggunakan lendutan maksimum dan kriteria *fatigue* menggunakan lengkungan lendutan (titik belok). Saat lapis tambah aspal diperlukan untuk suatu alasan, untuk perkerasan-perkerasan dengan beban lalu lintas desain sama dengan 10^5

ESA atau lebih diperlukan pengecekan apakah kinerja *fatigue* pada lapis tambah memadai. Kelelahan (*fatigue*) pada lapisan aspal bukan merupakan model kerusakan yang umum untuk perkerasan dengan lalu lintas rendah ($< 10^5$ ESA) dan untuk perkerasan HRS, model ini umumnya digunakan untuk jalan dengan lalu lintas rendah.

Pendekatan berdasarkan lendutan maksimum (D_0) untuk menentukan ketebalan lapis tambah digunakan dalam Pd T-05-2005 dan metode desain lapis tambah *Austroroads*. Lendutan desain digunakan untuk menentukan ketebalan lapis tambah lapisan aspal untuk mencegah terjadinya alur dan perubahan bentuk pada *sub base* dan tanah dasar. Namun demikian, desain lendutan ini (D_0) tidak dapat digunakan untuk menilai apakah lapis tambah akan mengalami retak *fatigue*. Dengan demikian untuk mengakomodasi retak *fatigue* diberi tambahan ketentuan berupa bentuk mangkuk lendutan (*deflection bowl*) ($D_0 - D_{200}$) yang harus dicek untuk meyakinkan ketahanan *fatigue* lapis tambah.

Perkiraan kinerja *fatigue* lapis tambah aspal dihitung menggunakan Lengkungan Karakteristik ($D_0 - D_{200}$) dari lendutan permukaan perkerasan. Bagan desain untuk menghitung ketebalan lapis tambah untuk nilai lengkungan khusus dan rentang beban lalu lintas untuk kondisi iklim Indonesia ditunjukkan pada Gambar 5.2.

5.5.1. Prosedur Desain Lapis Tambah

Terdapat tiga prosedur tebal lapis tambah berdasarkan beban lalu lintas.

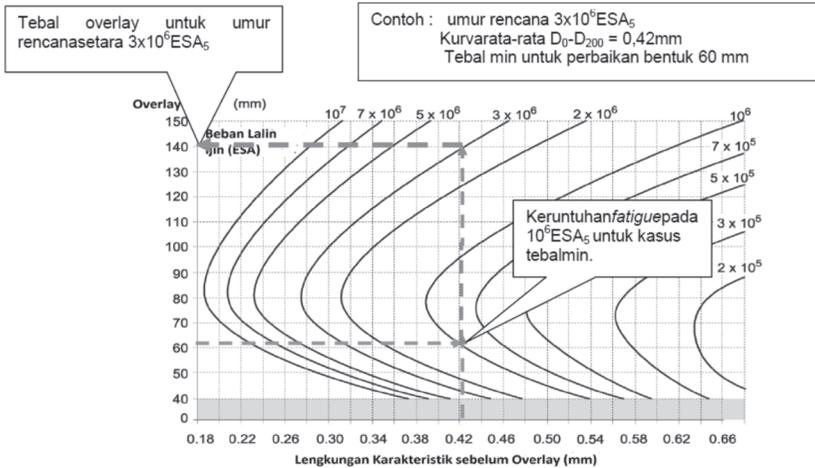
1. Lalu Lintas kurang atau sama dengan 10^5 ESA₄

Karena kinerja *fatigue* bukan merupakan kerusakan yang umum pada jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, maka tidak perlu memeriksa kinerja *fatigue* lapis tambah untuk desain dengan beban lalu lintas rencana kurang 10^5 ESA. Pendekatan dengan lendutan maksimum (D_0) cukup memadai.

2. Lalu Lintas lebih besar dari 10^5 ESA dan lebih kecil atau sama dengan 10^7 ESA

Untuk lalu lintas ini maka terdapat potensi kelelahan lapisan aspal. Kriteria deformasi permanen dan kriteria *fatigue* harus diperhitungkan untuk jenis lalu lintas ini.

Gambar 5.2 Tebal overlay aspal untuk mencegah retak *fatigue* pada $MAPT > 35^\circ C$



- a. Tentukan tebal *overlay* minimum untuk memenuhi;
 - a) perbaikan bentuk dari Gambar 5.2; b) perbaikan bentuk khusus misal perbaikan lereng melintang atau superelevasi; dan c) kebutuhan lendutan total minimum dari Grafik. Nilai yang terpilih adalah nilai yang terbesar dari ketiga kriteria tersebut.
- b. Tentukan masa layan sisa sebelum retak *fatigue* dengan memasukkan tebal maksimum dari butir a dan lengkung lendutan karakteristik ke Gambar 5.2 (garis hijau). Hasil untuk contoh ini adalah 10^6 ESA₅.
- c. Jika masa layan dari butir b kurang dari umur rencana (3×10^6 ESA₅), tentukan tebal *overlay* yang dibutuhkan untuk mencegah retak *fatigue* untuk umur rencana seperti ditunjukkan dari garis coklat. Hasilnya 137 mm. Nilai ini tidak lagi membutuhkan koreksi terhadap temperatur.

- d. Karena aspal modifikasi SBS (*Styrene Butadiene Styrene*) 6% akan memberikan ketahanan terhadap *fatigue* 3 kali lebih besar daripada aspal konvensional (misal, umur rencana 3×10^6 ESA_5 dapat dicapai sebagaimana diperlukan), dapat dipertimbangkan secara ekonomis dan kemampuan kontraktor antara aspal modifikasi setebal 65 mm atau aspal konvensional setebal 135 mm.

3. Lalu Lintas lebih besar dari 10^7 ESA

Untuk pekerjaan rehabilitasi dengan beban lalu lintas desain lebih besar dari 10^7 ESA, Prosedur Mekanistik Umum (*General Mechanistic Procedure (GMP)*) atau metode AASHTO dapat digunakan dalam memperkirakan nilai modulus dan tebal lapisan perkerasan *existing*. Nilai modulus ini kemudian digunakan untuk menentukan solusi desain rekonstruksi atau *overlay* dengan program analisis perkerasan multi-layer seperti CIRCLY.

5.5.2. Penentuan Tebal Lapis Tambah untuk Perbaikan Ketidakrataan

Tabel 5.14 *Tebal Overlay Minimum untuk Perbaikan ketidakrataan*

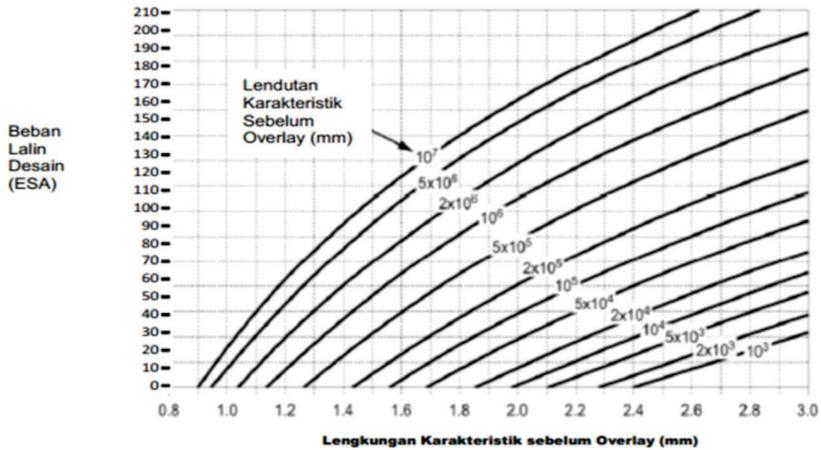
IRI Rata-rata	Tebal overlay minimum (mm) untuk mencapai IRI = 3 setelah overlay)
4	30
5	45
6	50
7	55
8	60

5.5.3. Penentuan Tebal Lapis Tambah dengan Lendutan Maksimum

Gambar 5.3 akan memberikan solusi dengan biaya lebih murah daripada solusi dari Pd T-05-2005, sebagaimana telah dimodifikasi dalam pedoman interim No.002/P/BM/2011 dan *software*-nya SDPJL, namun harus digunakan bersamaan

dengan Gambar 5.2. Dibutuhkan pertimbangan teknis dalam langkah ini. Jika tidak ada bukti potensi kegagalan tanah dasar, solusi berdasarkan lengkungan lendutan sudah cukup memadai. Untuk setiap jenis perkerasan, solusi berdasarkan lengkungan lendutan dapat digunakan.

Gambar 5.3 Solusi Overlay Berdasarkan Lendutan Benkelman Beam untuk WMAPT 41°C



Masukkan lendutan total karakteristik dan lalu lintas desain (ESA5) dalam bagan.

5.5.4. Penentuan Tebal Lapis Tambah dengan Lengkungan Lendutan

Seperti diuraikan bahwa lengkungan *Austrroads* disarankan untuk ditambahkan ke dalam pedoman Pd T-05-2005 dan pedoman interim No. 002/P/BM/2011 yang menggunakan pendekatan lendutan untuk perkerasan dengan beban lalu lintas desain lebih besar dari 10^5 ESA dan lebih kecil atau sama dengan 10^7 ESA. Karena ketahanan terhadap *fatigue* lapis HRS-WC cukup tinggi, apabila hasil pengujian lendutan menunjukkan bahwa hanya diperlukan lapis HRS yang tipis, maka pengecekan persyaratan lendutan tidak lagi diperlukan.

Langkah-langkah penentuan lapis tambah dengan lengkungan:

1. Gunakan hanya peralatan FWD atau *Benkelman Beam* dengan prosedur tambahan yang disetujui untuk mengukur lengkungan lendutan.
2. Tentukan nilai rata-rata lengkungan sebelum *overlay* sebagai lengkungan yang mewakili (= nilai karakteristik).
3. Koreksi nilai lengkungan yang diperoleh terhadap faktor standarisasi jika data *Benkelman Beam* digunakan (faktor standarisasi FWD = 1) dengan mengalikan lengkungan yang diperoleh dari langkah 2 dengan faktor standarisasi (Catatan: koreksi temperatur tidak diperlukan).
4. Tentukan kebutuhan tebal *overlay* sesuai ketentuan CF (*curvature function*) dari bentuk mangkuk lendutan adalah sebagai berikut:

$$CF = D_0 - D_{200} \dots\dots\dots (3)$$

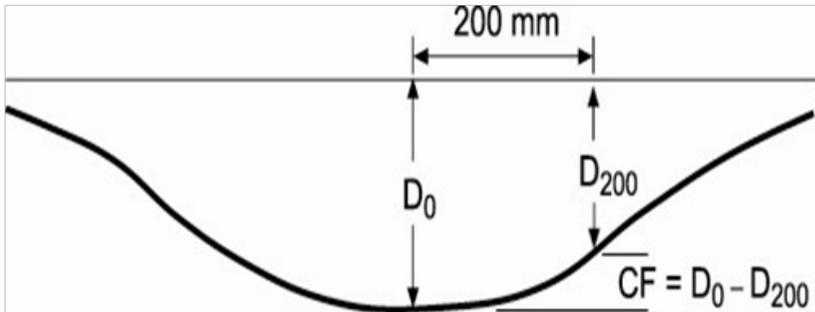
dimana :

D_0 : Lendutan maksimum pada suatu titik uji (mm).

D_{200} : Lendutan yang diukur pada titik uji, saat beban uji dimajukan 200 mm dari titik uji tersebut.

Gambar 5.4 menunjukkan skema dimensi dari CF atau *curvature function* (Titik Belok).

Gambar 5.4 Titik belok (*Curvature Function*)



5.5.5. Penyesuaian Temperatur Pengujian pada Hasil Pengukuran Lendutan

Hasil pengukuran lendutan perlu dikoreksi kembali. pada *overlay* (lapis tambah) diatas perkerasan berbutir yang ditutup

lapisan beraspal. Hal ini dikarenakan temperatur perkerasan tersebut mempengaruhi kekakuan perkerasan serta kinerjanya dalam merespon beban. Terdapat perbedaan lendutan yang signifikan antara pengujian dengan temperatur perkerasan pada saat pengukuran dan pada kondisi pelayanan. Hal tersebut menyebabkan pengukuran lengkungan menjadi tidak mewakili respon perkerasan terhadap pembebanan lalu lintas. Temperatur perkerasan harian pada suatu lokasi dipengaruhi oleh temperatur perkerasan tahunan rata-rata (*Mean Annual Pavement Temperature* = MAPT), yang untuk Indonesia diambil 41°C.

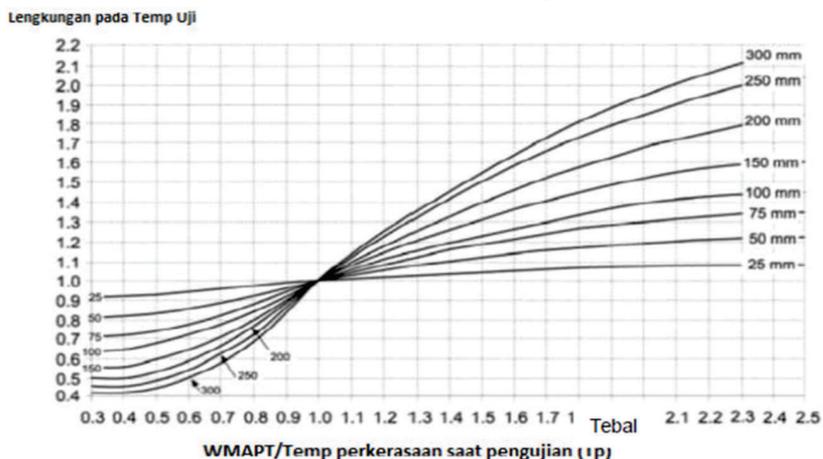
Faktor koreksi temperatur dihitung dalam prosedur berikut:

1. Tentukan faktor temperatur f_T sebagai berikut:

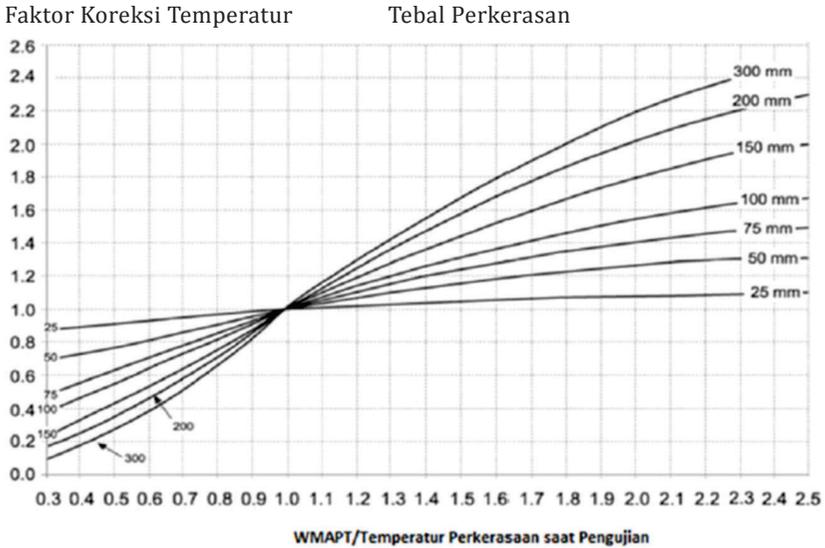
$$f_T = \frac{\text{MAPT}_{\text{lapangan}}}{\text{Temperatur perkerasan saat mengukur lendutan}} \quad (4)$$

2. Tentukan berapa besar faktor koreksi temperatur menggunakan Gambar 5.5 untuk pengujian dengan *Benkelman Beam* atau Gambar 5.6 untuk FWD. Bila tebal permukaan beraspal kurang dari 25 mm tidak diperlukan faktor koreksi temperatur.

Gambar 5.5 Koreksi Temperatur untuk Pengujian dengan *Benkelman Beam* untuk Berbagai Ketebalan



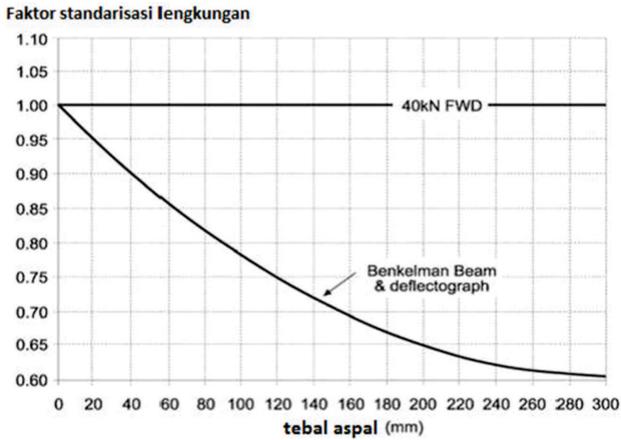
Gambar 5.6 Koreksi Temperatur untuk Pengujian dengan FWD untuk Berbagai Ketebalan



5.5.6. Standarisasi Lendutan dan Lengkungan

Terdapat dua jenis lengkungan yang berbeda yaitu lengkungan yang diuji menggunakan *Benkelman Beam* dan FWD. Kedua jenis ini memiliki nilai yang berbeda, maka diperlukan standarisasi hasil-hasil pengukuran. Bagan desain lapis tambah dengan kriteria kelelahan (*fatigue*) perkerasan aspal (Gambar 2.19) didasarkan pada lengkungan FWD (*Austroads* 2008). Oleh karena itu, nilai-nilai yang diperoleh dengan *Benkelman Beam* harus dikonversi ke nilai setara FWD. Faktor standarisasi yang diperlukan untuk konversi tersebut bervariasi sesuai komposisi perkerasan dan kekuatan tanah dasar, yang dimana faktor yang paling akurat adalah yang diperoleh yaitu dari pengukuran-pengukuran lapangan yang disejajarkan. Namun demikian karena hal itu seringkali tidak praktis, asumsi awal faktor standarisasi disajikan dalam Gambar 5.7.

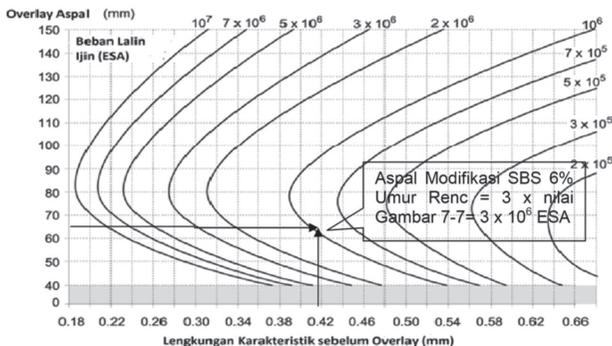
Gambar 5.7 Faktor Standarisasi Lengkungan



5.5.7. Perhitungan Lengkungan Karakteristik (*Characteristic Curvature*)

Bertujuan untuk evaluasi desain lapis tambah pada perkerasan lentur. Lengkungan karakteristik harus digunakan untuk lalu lintas dalam rentang 1 – 30 juta ESA_5 . Nilai tersebut ditentukan sesudah dilakukan koreksi terhadap musim, temperatur dan standarisasi terhadap masing-masing pengukuran. Lengkungan Karakteristik (*Characteristic Curvature*) untuk segmen perkerasan yang seragam sama dengan nilai lengkungn rata-rata yang dihitung dari survei lendutan.

Gambar 5.8 Umur Fatigue Lapis Tambah Beraspal dengan $WMAPT > 35^{\circ}C$



5.5.8. *Overlay* Menggunakan Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi, khususnya aspal modifikasi SBS dapat memperpanjang umur *fatigue* dari *overlay* aspal tipis sampai 3 kali lipat.

Tabel 5.15 Umur *Fatigue* untuk Aspal modifikasi

Deskripsi Bahan Pengikat Aspal Modifikasi	Penyesuaian Modulus Relatif terhadap Aspal Pen 60/70	Faktor Penyesuaian <i>Fatigue</i> (pendekatan toleransi <i>fatigue</i> , aspal campur vs aspal standar)
Modifikasi Asbuton menjadi Pen 40	1,35	1,00
SBS 6%	0,70	3,00
SBS 5%	0,75	2,50
SBS 3%	0,80	1,50
Multi grade	1,00	1,00
EVA 5%	1,50	1,00
EVA 6%	1,50	1,00

Jika digunakan aspal modifikasi pada tahap awal, maka masa layan akan dikalikan dengan faktor yang terdapat dalam Tabel 7-2. Jika diperoleh masa layan sama atau lebih besar dari umur rencana, maka solusi *overlay* tipis dapat diambil sebagai solusi desain. Sebagai contoh untuk *overlay* aspal modifikasi SBS (*Styrene Butadiene Styrene*) 6 % setebal 65 mm memberikan kinerja yang setara dengan *overlay* aspal konvensional setebal 135 mm. Aspal modifikasi dapat digunakan, jika sumber daya untuk aspal modifikasi tersedia dan biaya penggunaannya lebih murah.

5.5.9. Pemilihan Struktur Perkerasan

Variasi pemilihan perkerasan terhadap lalu lintas dan umur rencana yang diharapkan, serta kasus dari jalan yang akan ditangani dapat dilihat dalam Tabel 5.16.

Faktor-faktor berikut harus dipertimbangkan:

1. Kebutuhan utama adalah nilai biaya sekarang selama masa layan (*discounted lifetime cost*) termurah dan kemudahan dalam pelaksanaan. Oleh karena itu setiap opsi harus dihitung biayanya dan biaya yang paling murah harus dipilih.
2. Pertimbangkan reskonstruksi penuh dari pada *overlay* jika *overlay* yang dibutuhkan lebih dari 100 mm untuk jalan dengan lalu lintas 4 juta ESA_5 atau melebihi 150 mm – 210 mm untuk jalan dengan lalu lintas lebih dari 4 juta ESA_5 dan pada semua kasus dimana perkerasan eksisting dalam kondisi rusak berat (*heavy patching* dibutuhkan > 30% area perkerasan).
3. Bahan pengikat modifikasi memberikan manfaat yang signifikan namun membutuhkan sumber daya, kontraktor dan keahlian yang sering kali tidak tersedia. Aspal modifikasi hanya bisa digunakan jika sumber daya dan keahlian yang dibutuhkan tersedia. Dimana aspal modifikasi dapat memperlebar rentang penggunaan *overlay* aspal tipis dan lapis aus dengan lalu lintas berat.
4. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) dapat menjadi solusi yang layak untuk jalan rusak berat dengan lalu lintas berat (lalin 20 tahun > 30 juta ESA_4).
5. Daur ulang (*recycling*) membutuhkan peralatan dan kontraktor dengan keahlian khusus.

Tabel 5.16 Pemilihan Struktur Perkerasan

OVERLAY PERKERASAN EKSISTING					
Struktur Perkerasan	ESA ₅ 20 tahun (juta)				
	0 – 0,1	0,1 – 4	4 – 10	10 – 30	> 30
AC BC modifikasi SBS					
AC BC modifikasi yang disetujui					
AC BC normal					

SOLUSI REKONSTRUKSI					
Struktur Perkerasan	ESA5 20 tahun (juta)				
	0 - 0,1	0,1 - 4	4 - 10	10 - 30	> 30
Perkerasan beton					
CTRB + AC modifikasi					
CTRB + AC					
HRS + lapis pondasi agregat kelas A					
Perkerasan tanpa penutup					

Ketentuan diatas bukan harga mati. Desainer harus mempertimbangkan kendala-kendala pelaksanaan dan kepraktisan konstruksi. Solusi alternatif harus berdasarkan biaya masa layan terkecil atau paling kompetitif.

 *Solusi yang diutamakan*

 *Alternatif*

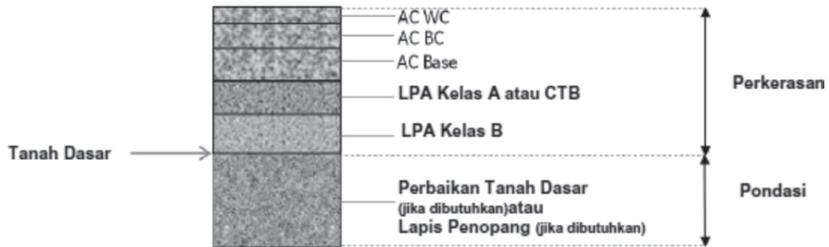
5.5.10. Jenis Struktur Perkerasan

Jenis struktur perkerasan yang diterapkan dalam desain struktur perkerasan baru maupun rehabilitasi perkerasan terdiri atas:

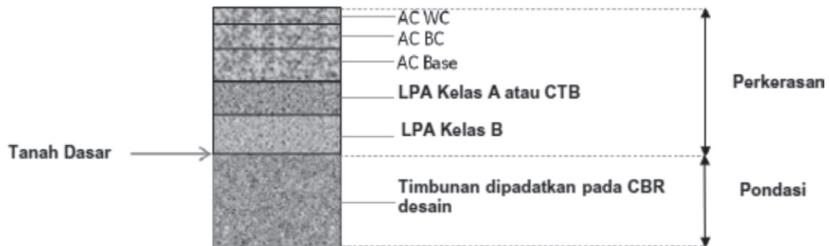
1. Struktur perkerasan pada permukaan tanah asli
2. Struktur perkerasan pada timbunan
3. Struktur perkerasan pada galian

Bentuk Tipikal struktur perkerasan dapat dilihat pada Gambar 5.9.

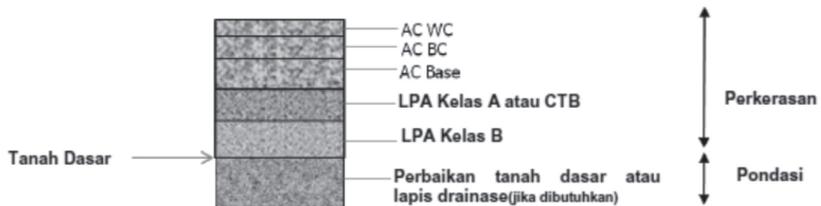
Gambar 5.9 *Komponen Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat)*



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



Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Timbunan



5.5.11. Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan. Pelaksanaan desain harus melihat batasan-batasan tersebut, termasuk ketebalan lapis perkerasan di dalam Tabel 5.17. jika dalam bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan diamparkan dalam tebal yang lebih besar dari yang diijinkan dalam tabel 5.17, maka bahan tersebut harus diamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan.

Tabel 5.17 Ketebalan Lapisan yang Diijinkan untuk Pelaksanaan

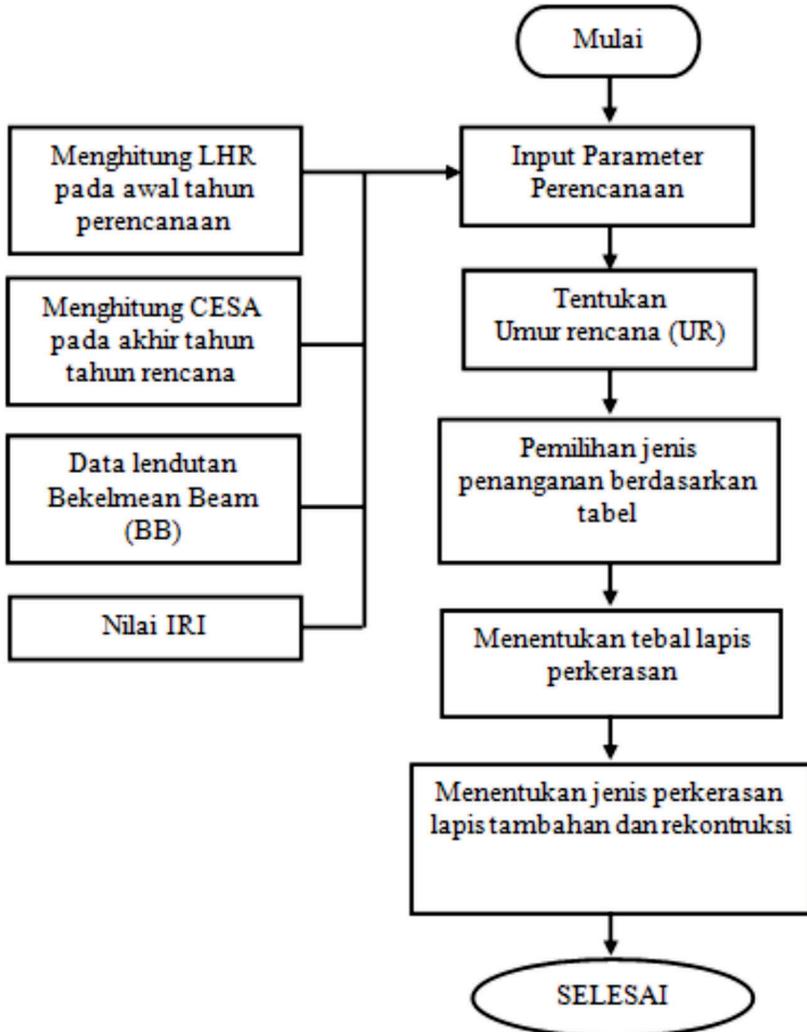
Bahan	Tebal yang Diperlukan (mm)	Diijinkan penghampanan dalam beberapa lapis
HRS WC	Min. 30	Tidak
HRS Base	Min. 35	Ya
AC WC	Min. 40	Tidak
AC BC	60 – 80	Ya
AC – Base	75 – 120	Ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 40 (gradasi dengan ukuran maks. 40 mm)	150 – 200	Ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 30 (gradasi dengan ukuran maks. 30 mm)	120 – 150	Ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 25 (gradasi dengan ukuran maks. 25 mm)	100 – 125	Ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maks. 50 mm)	200	Ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maks. 40 mm) (disarankan)	150 – 200	Ya
CTB (gradasi dengan ukuran maks. 30 mm) atau LMC	150 – 200	Tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	150 – 200	Tidak
Kerikil alam	100 – 200	ya

5.6. Prosedur Perencanaan Perkerasan Metoda Manual Desain Perkerasan Jalan No.02/M/BM/2013

1. Menentukan data pengujian *Benkelman Beam* (BB) menjadi nilai lendutan wakil/lendutan karakteristik.
2. Menentukan nilai IRI dengan mengonversikan nilai RCI permukaan menjadi nilai IRI.
3. Tentukan pembebanan lalu lintas nilai dan nilai CESA. Untuk menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana (R).
4. Tentukan umur desain
5. Gunakan tabel untuk memilih satu atau beberapa jenis penanganan yang optimum serta dapat menggunakan pertimbangan (*judgment*) jika diperlukan.
6. Menentukan ketebalan lapisan tambahan (*overlay*)
Terdapat tiga prosedur tebal lapis tambah berdasarkan beban lalu lintas.
 - a. Lalu Lintas kurang atau sama dengan 10^5 ESA₄. Kinerja *fatigue* lapis tambah untuk desain dengan beban lalu lintas rencana kurang 10^5 ESA, tidak perlu diperiksa karena kinerja *fatigue* bukan merupakan kerusakan yang umum pada jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, Pendekatan dengan lendutan maksimum (D_0) cukup memadai.
 - b. Lalu Lintas lebih besar dari 10^5 ESA dan lebih kecil atau sama dengan 10^7 ESA. Untuk lalu lintas ini maka terdapat potensi kelelahan lapisan aspal. Kriteria deformasi permanen dan kriteria *fatigue* harus diperhitungkan untuk jenis lalu lintas ini.
 - c. Lalu Lintas lebih besar dari 10^7 ESA. Untuk pekerjaan rehabilitasi dengan beban lalu lintas desain lebih besar dari 10^7 ESA, Prosedur Mekanistik Umum (*General Mechanistic Procedure* (GMP) atau metode AASHTO dapat digunakan dalam memperkirakan nilai modulus dan tebal lapisan perkerasan existing. Kemudian nilai modulus ini digunakan untuk menentukan solusi desain rekonstruksi atau *overlay* dengan program analisis perkerasan multi-layer seperti CIRCLY.

7. Menentukan tipe atau jenis perkerasan sesuai dengan Gambar dan Tabel untuk ketebalan lapisan yang diijinkan untuk pelaksanaan.

Gambar 5.10 Bagan Alir Perencanaan Metoda Manual Desain Perkerasan



5.7. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metoda Manual Desain Perkerasan Jalan No.02/M/BM/2013 pada Studi Kasus Ruas Jalan

5.7.1. Analisa Data-data Perencanaan

A. Pengolahan Data *Benkelman Beam* (BB)

Data hasil dari pengujian dengan alat *Benkelman Beam* merupakan pembacaan arloji pada alat *Benkelman Beam*, temperatur, dan beban uji. Pada perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) menggunakan lendutan dalam satuan milimeter (mm) sehingga pembacaan arloji pada alat *Benkelman Beam* dikonversikan menjadi data lendutan. Data hasil uji *Benkelman Beam* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.18 Data Hasil Uji BB

STA	Beban Uji (ton)	Pembacaan Arloji						Temperatur(°C)	
		d ₁		d ₂		d ₃		Temp. udara (Tu)	Temp. permukaan (Tp)
		Ban Kiri	Ban Kanan	Ban Kiri	Ban Kanan	Ban Kiri	Ban Kanan		
1	2	3	4	6	7	9	10	12	13
0+000	8.16	0	0	35	15	50	25	32	34
0+200	8.16	0	0	23	13	28	15	32	34
0+400	8.16	0	0	18	13	20	18	32	34
0+600	8.16	0	0	20	23	35	40	32	34
0+800	8.16	0	0	8	8	30	10	32	34
1+000	8.16	0	0	13	20	23	30	32	34
1+200	8.16	0	0	20	20	35	25	32	34
1+400	8.16	0	0	18	30	40	45	32	34
1+600	8.16	0	0	23	15	33	28	32	34

Sumber: DPU Kab. Bangli (2016)

- a. Pengolahan data hasil uji *Benkelman Beam* untuk mendapatkan nilai lendutan adalah sebagai berikut:

$$\text{Lendutan} = \text{Fe} \times \text{F1} \times \text{Fk} \times \text{Fm} \times \text{d}$$

dimana:

Koreksi musim (Fe) : 1.15 (musim kemarau).

Koreksi beban (F1) : didapat dari rumus:

$$= 77.343 \times (\text{beban uji ton})^{(-2.0715)}$$

$$= 77.343 \times (8.16)^{(-2.0715)}$$

$$= 0.997$$

Koreksi ketelitian : 0.01 (ketelitian pembacaan arloji)

Perbandingan alat (Fm) : Dim a/Dim B = 2

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Tabel 5.19 Perhitungan Lendutan

STA	d ₁				d ₂				d ₃				Lendutan Max (mm)		
	Pembacaan Arloji		Lendutan (mm)		Pembacaan Arloji		Lendutan (mm)		Pembacaan Arloji		Lendutan (mm)		d ₁	d ₂	d ₃
	Ban Kiri	Ban Kanan	Ban Kiri	Ban Kanan	Ban Kiri	Ban Kanan	Ban Kiri	Ban Kanan	Ban Kiri	Ban Kanan	Ban Kiri	Ban Kanan			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0+000	0	0	0	0	35	15	0.80	0.34	50	25	1.15	0.57	0.00	0.80	1.15
0+200	0	0	0	0	23	13	0.53	0.30	28	15	0.64	0.34	0.00	0.53	0.64
0+400	0	0	0	0	18	13	0.41	0.30	20	18	0.46	0.41	0.00	0.41	0.46
0+600	0	0	0	0	20	23	0.46	0.53	35	40	0.80	0.92	0.00	0.53	0.92
0+800	0	0	0	0	8	8	0.18	0.18	30	10	0.69	0.23	0.00	0.18	0.69
1+000	0	0	0	0	13	20	0.30	0.46	23	30	0.53	0.69	0.00	0.46	0.69
1+200	0	0	0	0	20	20	0.46	0.46	35	25	0.80	0.57	0.00	0.46	0.80
1+400	0	0	0	0	18	30	0.41	0.69	40	45	0.92	1.03	0.00	0.69	1.03
1+600	0	0	0	0	23	15	0.53	0.34	33	28	0.76	0.64	0.00	0.53	0.76

Sumber: Hasil Perhitungan (2017)

- b. Pengolahan data hasil perhitungan lendutan untuk mencari lendutan wakil/lendutan karakteristik.

Lendutan yang digunakan untuk perencanaan adalah lendutan balik. Nilai lendutan tersebut harus dikonversikan dengan faktor muka air tanah (faktor musim), dan koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji. Besarnya lendutan balik sesuai dengan rumus berikut:

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB}$$

dimana:

d_B : Lendutan balik (mm)

d_1 : Lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran

d_3 : Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran

Ft : Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35°C

Ca : Faktor pengaruh muka air tanah (Faktor musim)

FK_{B-BB} : Faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam* (BB)

Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Tabel 5.20 Perhitungan Lentutan Balik

STA	Beban Uji (ton)	Lentutan Balik/ BB (mm)			Temperatur (°C)						Koreksi Pada Temperatur Standar (Ft)	Koreksi Musim (Ca)	Koreksi Beban (FK _{B-BB})	Lentutan Terkoreksi (mm) d _B = 2 (d ₃ -d ₁) x Ft x Ca x FK _{B-BB}	d _B ²
		d1	d2	d3	T _u	T _p	T _u + T _p	T _t	T _b	T _L					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
-	-	-	-	-	-	-	(6)+(7)	-	-	1/3 x ((7)+(9)+(10))	-	-	77.343 x (2) ^{-2.0715}	-	-
0+000	8.16	0.00	0.80	1.15	32	34	66	32.9	30.5	32.47	1.07	1.15	0.9997	2.83	8.00
0+200	8.16	0.00	0.53	0.64	32	34	66	32.9	30.5	32.47	1.07	1.15	0.9997	1.58	2.51
0+400	8.16	0.00	0.41	0.46	32	34	66	32.9	30.5	32.47	1.07	1.15	0.9997	1.13	1.28
0+600	8.16	0.00	0.53	0.92	32	34	66	32.9	30.5	32.47	1.07	1.15	0.9997	2.26	5.12
0+800	8.16	0.00	0.18	0.69	32	34	66	32.9	30.5	32.47	1.07	1.15	0.9997	1.70	2.88
1+000	8.16	0.00	0.46	0.69	32	34	66	32.9	30.5	32.47	1.07	1.15	0.9997	1.70	2.88
1+200	8.16	0.00	0.46	0.80	32	34	66	32.9	30.5	32.47	1.07	1.15	0.9997	1.98	3.92
1+400	8.16	0.00	0.69	1.03	32	34	66	32.9	30.5	32.47	1.07	1.15	0.9997	2.55	6.48
1+600	8.16	0.00	0.53	0.76	32	34	66	32.9	30.5	32.47	1.07	1.15	0.9997	1.87	3.48
Jumlah														17.59	36.55
Jumlah Titik														9.000	
Lentutan Rata -Rata/Karakteristik														1.95	

Sumber: Hasil Perhitungan (2017)

Dari perhitungan pada Tabel 5.20 dapat disimpulkan lendutan karakteristik yang mewakili untuk perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) pada Jl. Lingkar Santi Batur sebesar 1.95 mm.

5.7.2. Menentukan Nilai IRI

Untuk menentukan nilai IRI didapat dari korelasi antara nilai RCI dengan nilai IRI. Nilai RCI ditentukan dengan cara pengamatan secara visual lapangan dengan penilaian sebagai berikut:

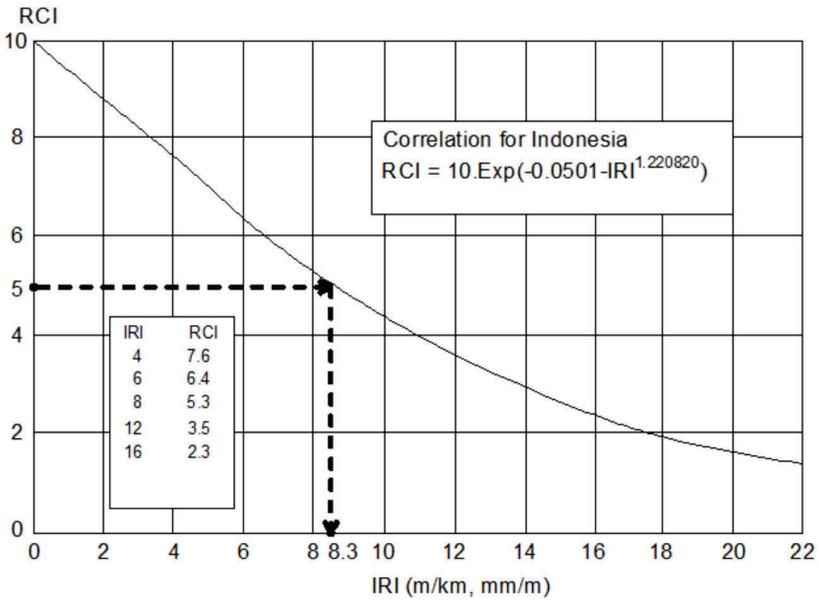
Tabel 5.21 Nilai RCI Secara Visual

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

Sumber: Sukirman (1999)

Dari hasil survey *inventory* lapangan yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan nilai RCI pada Jl. Lingkar Santi Batur setara 5 dengan kondisi permukaan perkerasan cukup, kadang-kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata. Dari nilai RCI yang telah ditentukan sebesar 5 selanjutnya dikorelasikan menjadi nilai IRI dengan Gambar 5.11.

Gambar 5.11 Korelasi antara Nilai RCI dan IRI



Dari Gambar 4.1 Korelasi antara nilai RCI dan IRI dapat disimpulkan bahwa nilai IRI pada Jl. Lingkar Santi Batur sebesar 8.3.

Adapun hasil dari analisa data-data perencanaan dirincikan pada tabel berikut:

Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengolahan Data Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

No.	Parameter	Nilai
1	Lendutan Karakteristik <i>Benkelman Beam</i>	1.95 mm
2	Nilai IRI	8.3
3	Pertumbuhan Lalu Lintas (i%)	
	a. Kendaraan ringan	3.6 %
	b. Truk	3.0 %
	c. Bus	4.1 %

Sumber: Hasil analisis (2017)

5.8. Analisis Pemicu Penanganan dan Pemilihan Jenis Penanganan

5.8.1. Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) pada Tahun 2016 (tahun perencanaan).

Tabel 5.23 Data LHR Jl. Lingkar Santi Batur

Jenis Kendaraan	LHR Kendaraan
Kendaraan Ringan 2 ton	255
Bus 8 ton	56
Truk 2 as 13 ton	119
Total LHR tahun 2016	430

Sumber: DPU Kab. Bangli (2016)

5.8.2. Investigasi Awal Jenis Penanganan

Investigasi awal jenis penanganan dilakukan untuk menentukan Umur Rencana (UR) dengan menggunakan nilai IRI dan LHRT sebagai pemicu pemilihan jenis penanganan, dengan nilai IRI sebesar 8.3 dan LHRT sebesar 430. Pemilihan jenis penanganan dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Pemicu Ketidakrataan untuk Overlay dan Rekonstruksi

LHRT (kend/jam)	Pemicu IRI 1 untuk overlay non-struktural	Pemicu IRI 2 untuk overlay struktural (Lalu lintas < 1 juta ESA_4) atau pengupasan (untuk lalin > 1 juta ESA_4 harus digunakan Pemicu Lendutan)	Pemicu IRI 3 untuk investigasi rekonstruksi
< 200	6,75	8	12
> 200 – 500	6,5		
> 500 – 7500	6,25		
> 7500	6		

Dari Tabel 5.24 dapat diperkirakan jenis penanganan yang akan direncanakan di Jl. Lingkar Santi Batur yaitu *overlay* struktural, tetapi harus dipertimbangkan dengan beban lalu lintas ESA_4 dan nilai lendutan. Maka didapat umur rencana 15 tahun.

5.8.3. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Untuk menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut:

$$R = (1 + 0.01i)^{UR} - 1/0,01i \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

- R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas
- i : Tingkat pertumbuhan tahunan (%)
- UR : Umur rencana (tahun)

A. Menghitung Nilai R Kendaraan Ringan

$$R = \frac{(1 + (0.01 \times 3.6)^{15} - 1)}{0.01 \times 3.6} = 19.48$$

Nilai R kendaraan ringan sebesar 19.48

B. Menghitung Nilai R Bus

$$R = \frac{(1 + (0.01 \times 4.1)^{15} - 1)}{0.01 \times 4.1} = 20.22$$

Nilai R bus sebesar 20.22

C. Menghitung Nilai R Truk 2 As

$$R = \frac{(1 + (0.01 \times 3.0)^{15} - 1)}{0.01 \times 3.0} = 18.56$$

Nilai R truk 2 as sebesar 18.56

5.8.4. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain selama umur rencana, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$ESA = (\sum_{\text{jenis kendaraan}} LHRT \times VDF \times \text{Faktor Distribusi})$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R$$

dimana :

- ESA : lintasan sumbu standar ekuivalen (*Equivalent Standard Axle*) untuk 1 (satu) hari.

BAB V Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metoda MD Perkerasan Jalan

LHRT : Lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu.

CESA : Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas.

A. Nilai VDF

Menentukan nilai VDF komposisi kendaraan dengan nilai VDF masing-masing kendaraan sebagai berikut:

Tabel 5.25 Nilai VDF Masing-Masing Kendaraan

No.	Kendaraan	VDF ₄	VDF ₅
1	Kendaraan Ringan (Sedan/Angkot/Pickup/Station Wagon)	0	0
2	Bus	1	1
3	Truk 2 as	7.3	11.2

B. Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Faktor distribusi lajur pada Jl. Lingkar Santi Batur sebesar 100% karena jumlah lajur setiap arah adalah 1.

C. Faktor Distribusi Arah (D_A)

Pada umumnya D_A diambil 0.5 (50%). Tetapi pada situasi tertentu dimana lalu lintas pada salah satu arah lebih besar/ berat daripada arah lalu lintas pada arah yang lain Sehingga desain perkerasan harus memperhitungkan situasi tersebut.

D. Menghitung Nilai ESA

Tabel 5.26 Perhitungan Nilai ESA

No.	Kendaraan	Koef. Sumbu	LHRT	VDF ₄	VDF ₅	D _A (%)	D _L (%)	ESA ₄	ESA ₅
1	Kendaraan Ringan	1.1	255.00	0	0	50	100	-	-
2	Bus	1.2	56.00	1	1	50	100	28.00	28.00
3	Truk 2 as	1.2	119.00	7.3	11.2	50	100	434.35	666.40
Total ESA								462.35	694.40

Sumber: Hasil analisis (2017)

E. Menghitung Nilai CESA

Tabel 5.27 Perhitungan Nilai CESA

No.	ESA ₄	ESA ₅	Jlh. Hari/ Tahun	R	CESA ₄	CESA ₅
1	-	-	365	19.48	-	-
2	28.00	18.00	365	20.22	206,644.65	206,644.65
3	434.35	666.40	365	18.56	2,942,652.79	4,514,754.97
Total CESA					3,149,297.44	4,721,399.62

Sumber: Hasil analisis (2017)

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.27 didapat nilai CESA sebagai berikut:

$$\text{CESA}_4 = 3,149,297.44$$

Nilai CESA₄ digunakan untuk pemilihan level desain dan pemicu penanganan.

$$\text{CESA}_5 = 4,721,399.62$$

Nilai CESA₅ digunakan untuk desain tebal perkerasan.

5.8.5. Lendutan sebagai Pemicu Jenis Penanganan

Karena dari hasil investigasi awal perencanaan nilai IRI tidak cukup untuk menentukan jenis penanganan maka jenis penanganan harus mempertimbangkan beban lalu lintas ESA₄ dan nilai lendutan, dapat digunakan untuk pemicu pemilihan jenis penanganan dengan memasukkan beban lalu lintas ESA₄ sebesar 3,149,297.44 dan nilai lendutan karakteristik *Benkelman Beam* sebesar 1.95, dapat dilihat pada Tabel 5.28 di bawah ini:

Tabel 5.28 *Lendutan Pemicu untuk Lapis Tambah dan Rekonstruksi*

Lalu Lintas (juta ESA/lajur)	Jenis Lapis Permukaan	Lendutan Pemicu untuk Overlay ² (Lendutan Pemicu 1)		Lendutan Pemicu untuk Investigasi untuk Rekonstruksi atau Daur Ulang (Lendutan Pemicu 2)	
		Lendutan Karakteristik Benkelman Beam (mm) ³	Lengkungan FWD D_0-D_{200} (mm)	Lendutan Karakteristik Benkelman Beam (mm) ⁴	Lengkungan FWD D_0-D_{200} (mm)
< 0,1	HRS	> 2, 3	Tidak digunakan	> 3, 0	Tidak digunakan
0,1 - 0,2	HRS	> 2,1	0,63		
0,2 - 0,5	HRS	> 2,0	0,48		
0,5 - 1	HRS	> 1,5	0,39	> 2,7	> 2,5
1 - 2	HRS	> 1,3	0,31		0, 54
2 - 3	AC	> 1,25	0,28		0, 46
2 - 5	AC	> 1,2	0,23		0, 39
5 - 7	AC	> 1,15	0,21		0, 35
7 - 10	AC	> 1,1	0,19		0, 31
10 - 30	AC	> 0,95	0,13		1,35
30 - 50	AC/perkerasan kaku	> 0,88	0,11	1,2	0,175
50 - 100	AC/perkerasan kaku	> 0,8	0,091	1,0	0,170
100 - 200	AC/perkerasan kaku	> 0,75	0,082	0,9	0,160

Dari Tabel 5.28 diatas, dari data beban lalu lintas sebesar 3,149,297.44 berada antara 2 – 5 juta ESA/lajur dengan nilai lendutan karakteristik *Benkelman Beam* sebesar 1.95 yaitu > 1.2 dengan jenis perkerasan Aspal Concrete(AC) sebagai jenis desain perkerasan dan pemicu lendutan jatuh berada diatas batas nilai jenis pemicu lendutan 2. Berdasarkan Table 5.28 didapat suatu kesimpulan/hasil dari analisis jenis penanganan. Dapat dilihat pada tabel 5.29 dibawah ini:

Tabel 5.29 Pemilihan Jenis Penanganan pada Tahap Desain untuk Perkerasan Lentur Existing dan Beban Lalin 1 – 30 Juta ESA_4

Penanganan		Pemicu untuk Setiap Segmen yang Seragam
1	Hanya pemeliharaan rutin	Lendutan dan IRI di bawah Pemicu 1, luas kerusakan serius < 5 % terhadap total area
2	<i>Heavy Patching</i>	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 2 atau atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh segmen jalan yang membutuhkan <i>heavy patching</i> lebih dari 30% total area (jika lebih besar lihat 6 atau 7)
3	Kupas dan ganti material di area tertentu	Retak buaya yang luas, atau alur >30 mm atau IRI > Pemicu IRI 2 dan hasil pertimbangan teknis
4	Overlay non struktural	Lendutan kurang dari Pemicu Lendutan 1, indeks ketidak-rataan lebih besar dari pemicu IRI 1
5	Overlay struktural	Lebih besar dari Pemicu Lendutan 1 dan kurang dari Pemicu Lendutan 2
6	Rekonstruksi	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal <10 cm
7	Daur ulang	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal > 10 cm

Berdasarkan parameter-parameter Janis pemicu dan batas-batas nilai yang ada didalamnya, maka didapat kesimpulan/ jenis penanganan dari analisis pemicu penanganan dan pemilihan jenis penanganan pada Jl. Lingkar Santi Batur yaitu *overlay* struktural dengan jenis perkerasan *Aspal Concrete* (AC).

5.8.6. Analisis Tebal *Overlay* Struktural dengan Lendutan Maksimum

Dari hasil analisis pemicu penanganan dan pemilihan jenis penanganan tidak ada bukti potensi kegagalan tanah dasar (rekontruksi), solusi berdasarkan lengkungannya lendutan

BAB V Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metoda MD Perkerasan Jalan

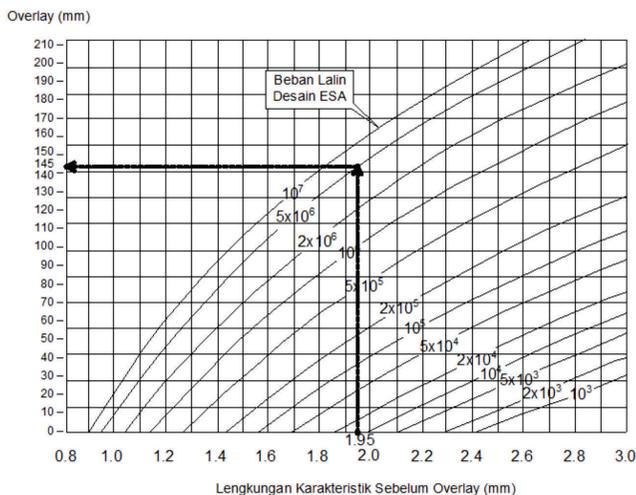
sudah cukup memadai untuk setiap jenis perkerasan, solusi berdasarkan lengkungannya dapat digunakan. Grafik dengan Tabel untuk menentukan tebal lapis tambah minimum. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.30 dan Gambar 5.12.

Tabel 5.30 Tebal Overlay Minimum untuk Perbaikan Ketidakrataan

IRI rata-rata	Tebal <i>overlay</i> minimum (mm) untuk mencapai IRI = 3 setelah <i>overlay</i>
4	30
5	45
6	50
7	55
8	60

Berdasarkan Tabel 5.30 didapatkan tebal *overlay* minimum untuk perbaikan ketidakrataan atau mencapai IRI 3 setelah *overlay*, dengan memasukkan nilai IRI sebesar 8.3 yaitu setara dengan IRI 8 pada Tabel 5.30 sehingga didapatkan tebal *overlay* minimum yaitu 60 mm. Untuk menentukan tebal *overlay* struktural menggunakan Gambar 5.12

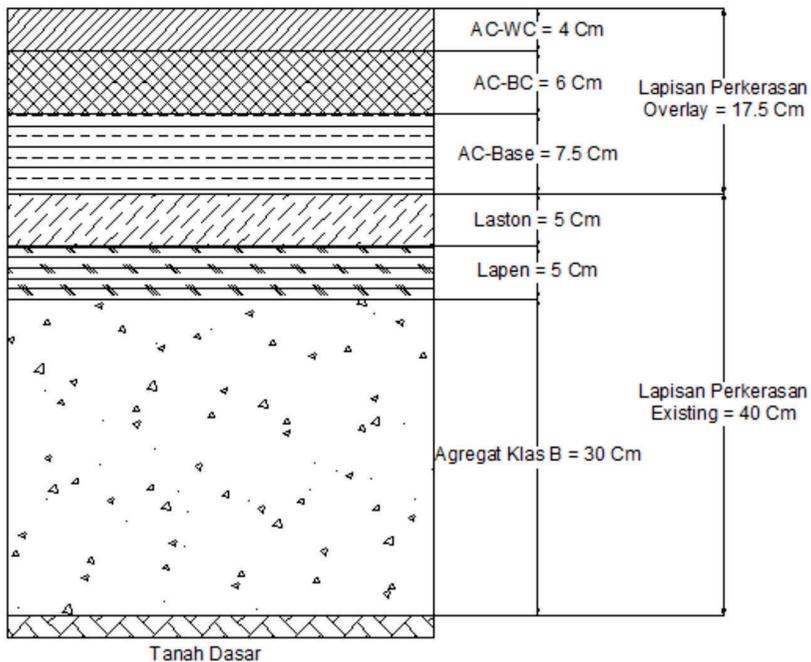
Gambar 5.12 Solusi Overlay Berdasarkan Lendutan Benkelman Beam untuk MAPT 41°C



Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan

Berdasarkan Gambar 5.12 dengan memasukkan beban lalu lintas ESA_5 sebesar 4,721,399.62 ESA_5 setara dengan 5×10^6 ESA_5 dan nilai lendutan karakteristik *Benkelman Beam* sebesar 1.95, tebal total yang dibutuhkan untuk *overlay* struktural berdasarkan lendutan *Benkelman Beam* sebesar 145 mm. Karena tebal *overlay* struktural berdasarkan nilai lendutan didapat lebih besar dari tebal *overlay* minimum berdasarkan nilai IRI, dapat disimpulkan bahwa *overlay* struktural berdasarkan nilai lendutan dapat digunakan dengan tebal perkerasan total 145 mm. Penentuan jenis lapis perkerasan mengacu pada Gambar dan Tabel 2 untuk menentukan ketebalan lapisan yang diijinkan. Jenis lapis perkerasan dan tebal perkerasan dapat dilihat pada Gambar 5.13.

Gambar 5.13 Jenis Perkerasan dan Tebal Lapis Perkerasan Metoda MDP



Sumber: Hasil analisis (2017)

Dari Gambar 5.13 dapat dilihat lapisan perkerasan *overlay* untuk mencapai tebal total 145 mm (14.5 cm) dengan lapisan AC - WC tebal 4 cm, AC - BC tebal 6cm, tebal total lapisan AC - WC dan AC - BC sebesar 10 cm jadi tebal sisa untuk lapisan AC - Base 4.5 cm, karena tebal minimum untuk perkerasan AC - Base adalah 7.5 cm maka digunakan tebal minimum dari perkerasan AC - Base sebesar 7.5 cm, jadi tebal total *overlay* struktural pada Jl. Lingkar Santi Batur sebesar 17.5 cm.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Peranan RDM/RDS dalam Penanganan Teknis Jalan*.
- Direktorat Bina Teknik. 2002. *Survei Kondisi Jalan Beraspal di Perkotaan*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1987. *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metoda Lendutan (Pd T-05-2005-B)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- , 1987. *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (SKBI - 2.3.26.1987)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- , 1990. *Tata Cara Penyusunan Pemeliharaan Jalan Kota (No. 018/T/BNKT/1990)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- , 1992. *Petunjuk Praktis Pemeliharaan Rutin Perkerasan Jalan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- , 1994. *Report on The Road Design and Design Review Module (Bipran Engineering Development)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- , 1995. *Manual Pemeliharaan Rutin untuk Jalan Nasional dan Jalan Propinsi, Jilid II: Metode Perbaikan Standar (No. 002/T/BT/1995)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

- . 1995. *Petunjuk Teknis Survei dan Perencanaan Teknik Jalan Kabupaten, Jilid II: Metode Perbaikan Standar (No. 013/T/BT/1995)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- . 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan (No. 02/M/BM/2013)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Ma'arif, Faqih. 2012. *Diktat Mata Kuliah Konstruksi Jalan*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, UNY.
- NCHRP Web Document 35 (Project C1-38). 2001. *Rehabilitation Strategies for Highway Pavements*. Washington DC: Transportation Research Board.
- Oglesby, Clarkson H. 1999. *Teknik Jalan Raya, Jilid 1*. Jakarta: Gramedia.
- Republik Indonesia. 2006. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan*. Berita Negara RI Tahun 2011, Nomor 612. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2006. *Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan*. Lembaran Negara RI Tahun 2006, Nomor 86. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Shahin, M. Y. 1994. *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*. New York: Chapman & Hall.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- . 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova.
- Tenriajeng, A.T. 2002. *Seri Diktat Kuliah: Rekayasa Jalan Raya-2*. Jakarta: Gunadarma.



TENTANG PENULIS



Made Novia Indriani, ST., MT.

Lahir di Denpasar, pada tanggal 16 November 1977, Hindu, Tamat Sarjana Teknik Sipil Universitas Warmadewa Denpasar Tahun 2001, Tamat Magister Teknik Sipil-Manajemen Proyek Konstruksi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Tahun 2003, Sedang menempuh Studi Program Doktor Ilmu Teknik Universitas Udayana Bali Tahun 2017-sekarang.

Sebagai Dosen tetap Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia dengan NIDN: 0816117701 dan Jabatan Fungsional Lektor Gol. III/d - Penata Tk.1. Mendapatkan penghargaan Juara II Hasil Penelitian di Universitas Hindu Indonesia tahun 2016, sebagai Pemakalah pada Seminar Nasional di Fakultas Teknik UNHI dan Universitas Mahasaraswati tahun 2016, serta sebagai Pemakalah pada Seminar Internasional di Fakultas Teknik Universitas Warmadewa tahun 2017.

Terdapat beberapa pengalaman organisasi antara lain keanggotaan pada Asosiasi Dosen Indonesia (ADI) sejak tahun 2015, sebagai Ahli Teknik Jalan-Muda pada Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi dari tahun 2016, serta sebagai Kepala UPT Laboratorium Teknik Sipil-Unhi dari tahun 2018 hingga 2022.

Sebagai Peneliti, dalam lima tahun terakhir menjadi Ketua Tim Penelitian dengan judul diantaranya ialah: Manajemen Risiko dengan Menggunakan Sistem Kontrak LUMP-SUM *Unit Price* pada Proyek Konstruksi Jalan di Kabupaten Badung (dana hibah Penelitian Internal UNHI), Analisis Optimalisasi *Crashing* pada Proyek Konstruksi Gedung (Studi Kasus: Pembangunan Sekolah Harapan Denpasar) (dana hibah DIKTI), Analisis Peranan Subak dalam Pengelolaan Jaringan Irigasi dan Pengendalian Alih Fungsi Lahan di Kota Denpasar (dana hibah Penelitian Kemenag, Dirjen Bimas Hindu), Analisis Bangkitan Pergerakan Objek Wisata Pantai Pandawa (dana hibah Penelitian Internal UNHI), dan Eksistensi Arsitektur Bali Sebagai Potensi Pariwisata Budaya Kota Denpasar Di Era Globalisasi (dana hibah Penelitian Kemenag, Dirjen Bimas Hindu).

Sebagai Akademisi, dalam lima tahun terakhir sudah menulis dan menerbitkan beberapa karya ilmiah diantaranya ialah: Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode *Road Design Module* (Jurnal Widya Teknik, Vol. 05 - No. 01), Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen (Jurnal Widya Teknik, Vol. 05 - No. 01), Analisis Optimalisasi *Crashing* Pada Proyek Konstruksi Gedung (Jurnal Widya Teknik, Vol. 08 - No. 02), Analisis Peranan Subak dalam Pengelolaan Jaringan Irigasi dan Pengendalian Alih Fungsi Lahan di Kota Denpasar (Jurnal Widya Teknik, Vol. 09 - No. 01), Analisis Investasi *Excavator Backhoe* dan *Excavator Breaker* (Jurnal Widya Teknik, Vol. 09 - No. 02), Analisis Tarikan Perjalanan Objek Wisata Tirta Gangga (Jurnal Widya Teknik, Vol. 10 - No. 02) Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah pada Tanah Lempung (Jurnal Widya Teknik, Vol. 10 - No. 02), dan Buku Ajar "***Metode-metode Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan***".



METODE-METODE PERHITUNGAN
PERENCANAAN TEBAL
PERKERASAN LENTUR JALAN

Buku "*Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan*" merupakan kumpulan dari hasil riset. Buku ini diharapkan dapat memberi gambaran yang lebih jelas bagi para mahasiswa untuk memahami beberapa metode dalam konstruksi jalan, dan bagi para praktisi untuk memiliki pedoman petunjuk dasar dan meningkatkan pengawasan pelaksanaan perkerasan lentur jalan.

Penerbit dan Percetakan:
CV. Social Politic Genius (SIGn)



Redaksi:
Jln. Muh. Jufri No. 1, Makassar 90215
082291222637
www.penerbitsign.com

Anggota IKAPI Sulsel
ISBN 978-602-5522-16-1



9 786025 552216 1