

TUGAS AKHIR
ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS
RUAS JALAN SOLO KM 8,8 DENGAN METODE
BINA MARGA DAN AASHTO 1986



Disusun Oleh :

J U M A D I

No. Mhs : 89 310 063

NIRM : 890051013114120062

E M I L S A L I M

No. Mhs : 89 310 091

NIRM : 890051013114120091

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

TUGAS AKHIR
ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS
RUAS JALAN SOLO KM 8,8 DENGAN METODE
BINA MARGA DAN AASHTO 1986

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

J U M A D I

No. Mhs : 89 310 063
NIRM : 890051013114120062

E M I L S A L I M

No. Mhs : 89 310 091
NIRM : 890051013114120091

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS
RUAS JALAN SOLO KM 8,8 DENGAN METODE
BINA MARGA DAN AASHTO 1986**

Disusun Oleh :

J U M A D I

No. Mhs : 89 310 063

NIRM : 890051013114120062

E M I L S A L I M

No. Mhs : 89 310 091

NIRM : 890051013114120091

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir.H. Wardhani Sartono, MSc
Dosen Pembimbing I



Tanggal :

Ir. Subarkah, MT
Dosen Pembimbing II

Tanggal :

KATA PENGANTAR



Assalaamu 'alaikum wr . wb

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun mampu menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.

Penulisan Tugas Akhir merupakan salah satu persyaratan akademis guna memperoleh Derajat Kesarjanaan Jenjang Strata-1 Teknik Sipil, pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Analisis yang dilakukan dalam penulisan Tugas Akhir ini dititikberatkan untuk memprediksi kemampuan tebal lapis keras lentur Ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 dalam mendukung beban lalu lintas sepuluh tahun mendatang dengan mengambil judul : "*Analisis Tebal lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986*"

Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penyusun menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan bantuan dalam penulisan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Ir. H. Wardhani Sartono, MSc, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah banyak memberikan masukan berharga bagi penyusun,

2. Bapak Ir. Subarkah, MT, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah banyak meluangkan waktu dan memberi bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini,
3. Bapak Ir. H. Balya Umar, MSc, selaku Dosen Tamu dalam Tugas Akhir ini, yang telah banyak memberikan gagasan baru bagi penyusun,
4. Bapak Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
5. Bapak Ir. Tadjuddin BM Aris, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
6. Semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan kepada penyusun dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan Tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga kritikan yang membangun sangat diharapkan agar Tugas Akhir ini menjadi lengkap dan sempurna serta dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Wabillaahitaufiqwalhidayah

Wassalaamu 'alaikum wr. wb

Yogyakarta, Agustus 1999

Penyusun

J U M A D I / 89310063
EMIL SALIM / 89310091

DAFTAR ISI

Lembar Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Istilah dan Notasi	x
Daftar Lampiran	xii
Abstraksi	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pokok Masalah	3
1.3 Tujuan Analisis	4
1.4 Manfaat Analisis	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum	6
2.2 Struktur Lapis Keras Lentur ("Flexible Pavement")	8
2.3 Parameter Perencanaan	9
2.3.1 Fungsi Jalan	10
2.3.2 Kinerja Lapis Keras Jalan ("Pavement Performance") ..	11
2.3.3 Umur Rencana	11
2.3.4 Lalu Lintas	11
2.3.4.1 Jalur Lalu Lintas	12
2.3.4.2 Volume Lalu Lintas	13
2.3.4.3 Beban Sumbu Standar	17
2.3.4.4 Jenis Kendaraan dan Konfigurasi Sumbu	18
2.3.4.5 Pertumbuhan Lalu Lintas	19
2.3.5 Sifat Tanah Dasar	22
2.3.6 Kondisi Lingkungan	22
2.3.7 Material Lapis Keras yang Tersedia	22
2.3.8 Geometrik Lapis Keras	23
BAB III LANDASAN TEORI	24
3.1 Umum	24
3.2 Metode Bina Marga 1987	25
3.2.1 Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C) ...	25
3.2.2 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan	26
3.2.3 Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)	27
3.2.4 Persamaan-Persamaan Lintas Ekuivalen	28
3.2.5 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR	29
3.2.6 Faktor Regional (FR)	30
3.2.7 Indeks Permukaan	31

3.2.8	Koefisien Kekuatan Relatif (a)	32
3.2.9	Batas Minimum Tebal Lapis Keras	33
3.2.10	Indeks Tebal Perkerasan	34
3.3	Metode AASHTO 1986	35
3.3.1	Persamaan Dasar	35
3.3.2	Parameter Perencanaan	36
3.3.2.1	Batasan Waktu	36
3.3.2.2	Beban Lalu Lintas dan Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas	36
3.3.2.3	Reliabilitas dan Simpangan Baku Keseluruhan ...	41
3.3.2.4	Kondisi Lingkungan	42
3.3.2.5	Kriteria Kinerja Jalan	44
3.3.2.6	Modulus Resilien Tanah Dasar	45
3.3.2.7	Faktor Drainasi	46
3.3.2.8	Penentuan "Structural Number" (SN)	47
3.3.2.9	Batas Minimum Tebal Lapis Keras	51
3.3.2.10	Pemilihan Jenis Lapisan Lapis Keras	51
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN	53
4.1	Metode Analisis	53
4.1.1	Metode Penentuan Subyek	53
4.1.2	Studi Pustaka	53
4.1.3	Metode Pengumpulan Data	54
4.1.4	Metode Analisis Data	55
4.2	Cara Melakukan Analisis di Lapangan	55
4.3	Lokasi Analisis	56
4.4	Waktu Pengamatan	57
4.5	Bagan Alir Analisis	57
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	61
5.1	Umum	61
5.2	Hasil Pengumpulan Data	61
5.2.1	Data Primer	61
5.2.2	Data Sekunder	64
5.3	Analisis Perhitungan	68
5.3.1	Metode Bina Marga 1987	68
5.3.2	Metode AASHTO 1986	85
5.4	Pembahasan Analisis	100
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	101
6.1	Kesimpulan	101
6.2	Saran	102

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Uraian	Hal
(1)	(2)	(3)
1.1	Tingkat Pelayanan Jalan di Wilayah Yogyakarta	2
2.1	Macam-Macam Konfigurasi Roda dan Sumbu Kendaraan	20
2.2	Distribusi Beban Sumbu dari Berbagai Jenis Kendaraan	21
3.1	Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Lapis Keras Metode Bina Marga 1987	26
3.2	Koefisien Distribusi Kendaraan (C) Metode Bina Marga 1987	26
3.3	Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan Metode Bina Marga 1987	27
3.4	Faktor Regional (FR) Metode Bina Marga 1987	31
3.5	Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt) Metode Bina Marga 1987	32
3.6	Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IPo) Metode Bina Marga 1987	32
3.7	Koefisien Kekuatan Relatif (a) Metode Bina Marga 1987	33
3.8	Batas Minimum Tebal Lapis Keras Metode Bina Marga 1987	33
3.9	Faktor Ekuivalen Sumbu Tunggal, Pt = 2,0 Metode AASHTO 1986	37
3.10	Faktor Ekuivalen Sumbu Ganda, Pt = 2,0 Metode AASHTO 1986	37
3.11	Faktor Ekuivalen Sumbu Tunggal, Pt = 2,5 Metode AASHTO 1986	38
3.12	Faktor Ekuivalen Sumbu Ganda, Pt = 2,5 Metode AASHTO 1986	38
3.13	Faktor Distribusi lajur (D_L) Metode AASHTO 1986	40
3.14	Tingkat Reliabilitas (R) Metode AASHTO 1986	41
3.15	Simpangan Baku Normal (Z_r)	42
3.16	Kualitas Drainasi Jalan Metode AASHTO 1986	46
3.17	Koefisien Drainasi (m) Metode AASHTO 1986	46
3.18	Koefisien Kekuatan Relatif Bahan AASHTO 1986	47
3.19	Perhitungan Umur Kinerja Jalan Metode AASHTO 1986	50
3.20	Batas Minimum Tebal Lapis Keras Metode AASHTO 1986	51
5.1	Hasil Survai Volume Beban Lalu Lintas pada Hari Senin Tanggal 19 April 1999 Arah Ke Yogyakarta dan Prambanan	63
5.2	Hasil Survai Volume Beban Lalu Lintas pada Hari Jumat Tanggal 23 April 1999 Arah Ke Yogyakarta dan Prambanan	63
5.3	Hasil Survai Volume Beban Lalu Lintas pada Hari Sabtu Tanggal 24 April 1999 Arah Ke Yogyakarta dan Prambanan	63
5.4	Data Volume Beban Lalu Lintas sekunder Ruas Jalan Solo-Prambanan pada Hari Sabtu Tanggal 24 Maret 1990	64
5.5	Data Hasil Pengujian Laboratorium Bahan Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 Sampai Km 12	65
5.6	Data Iklim Lokasi Analisis	66

No. Tabel	Uraian	Hal
(1)	(2)	(3)
5.7	Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) Analisis dengan Metode Bina Marga 1987	69
5.8	Angka Pertumbuhan Lalu Lintas Analisis dengan Metode Bina Marga 1987 untuk Masing-Masing Golongan Kendaraan	69
5.9	Prediksi Beban Lalu Lintas Analisis dengan Metode Bina Marga 1987	71
5.10	Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) Analisis Tahun 2000 dengan Metode Bina Marga 1987	73
5.11	Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2000 dengan Metode Bina Marga 1987	74
5.12	Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2001 dengan Metode Bina Marga 1987	78
5.13	Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2002 dengan Metode Bina Marga 1987	81
5.14	Hasil Analisis dan Perhitungan Tebal Lapis Keras Lentur Ruas Jalan Solo Km 8,8 Sampai Km 12 dengan Metode Bina Marga 1987	84
5.15	Data LHR/ADT Analisis dengan Metode AASHTO 1986	85
5.16	Jumlah Kendaraan 18 Kips ESAL Analisis dengan Metode AASHTO 1986	90
5.17	Prediksi Kumulatif 18 Kips ESAL Terhadap Waktu Metode AASHTO 1986	91
5.18	Hasil Analisis dan Perhitungan Tebal Lapis Keras Lentur Ruas Jalan Solo Km 8,8 Sampai Km 12 dengan Metode AASHTO 1986	99
5.19	Perbedaan Parameter Perencanaan Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1986	100

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar (1)	Uraian (2)	Hal (3)
2.1	Penyebaran Beban Roda pada Lapis Keras Kaku	7
2.2	Penyebaran Beban Roda pada Lapis Keras Lentur	8
2.3	Jalur Lalu Lintas tanpa Median Jalan	13
2.4	Jalur Lalu Lintas dengan Median Jalan	13
2.5	Hubungan Jumlah Jam Dalam 1 Tahun dengan Volume Per Jam	16
2.6	Konfigurasi Beban Sumbu Standar	18
2.7	Lapisan Perkerasan Berbentuk Kotak	23
2.8	Lapisan Perkerasan Selebar Badan Jalan	23
3.1	Grafik Korelasi DDT dan CBR	30
3.2	Struktur Lapis Keras Lentur Metode Bina Marga 1987	34
3.3	Grafik Hubungan Antara 18 Kips ESAL dengan Jumlah tahun	41
3.4	Grafik Hubungan Antara PSI_{sewell} dengan Jumlah tahun	44
3.5	Nomogram Penentuan SN Metode AASHTO 1986	49
3.6	Struktur Lapis Keras Lentur Metode AASHTO 1986	51
4.1	Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986	58
5.1	Komponen Lapis Keras Lentur Analisis Tahun 2000 dengan Metode Bina Marga 1987	77
5.2	Komponen Lapis Keras Lentur Analisis Tahun 2001 dengan Metode Bina Marga 1987	80
5.3	Komponen Lapis Keras Lentur Analisis Tahun 2002 dengan Metode Bina Marga 1987	83
5.4	Struktur Lapis Keras Lentur Analisis Tahun 2000 dengan Metode AASHTO 1986	96
5.5	Struktur Lapis Keras Lentur Analisis Tahun 2001 dengan Metode AASHTO 1986	98

DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI

Metode Bina Marga 1987

- UR : jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan (Umur Rencana)
- IP : suatu angka yang diperlukan untuk menyatakan kerataan dan kekokohan permukaan jalan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat (Indeks Permukaan)
- LHR : volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari (Lalu Lintas Harian Rata-rata)
- LEP : jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana (Lintas Ekivalen Permulaan)
- LEA : jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana (Lintas Ekivalen Akhir)
- LET : jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lbs) pada lajur rencana pada pertengahan umur rencana (Lintas Ekivalen Tengah)
- LER : suatu besaran yang digunakan dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen beban sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lbs) pada lajur rencana
- i : proses perubahan volume beban lalu lintas pada ruas jalan yang umumnya dihitung dari tahun ke tahun (Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas)
- E : suatu besaran beban sumbu kendaraan yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lbs) (Angka Ekivalen)
- DDT : suatu skala yang digunakan dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan kekuatan tanah dasar (Daya Dukung Tanah Dasar)
- FR : faktor setempat, menyangkut keadaan lapangan dan iklim yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar dan lapis keras (Faktor Regional)
- FP : suatu besaran untuk perencanaan tebal lapis keras dengan umur rencana yang bukan 10 tahun (Faktor Penyesuaian)
- ITP : suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal lapis keras (Indeks Tebal Perkerasan)
- C : suatu besaran yang menyatakan distribusi kendaraan (Koefisien Distribusi Kendaraan)
- IPo : indeks permukaan pada awal umur rencana
- IPt : indeks permukaan pada akhir umur rencana

Metode AASHTO 1986

EAL	: angka ekivalen beban sumbu kendaraan ("Equivalent Axle Load")
ESAL	: sama dengan EAL ("Equivalent Single Axle Load")
ADT	: lalu lintas harian rata-rata ("Average Daily Traffic")
TEF	: sama dengan EAL/ESAL ("Traffic Equivalent Factor")
TGF	: faktor pertumbuhan lalu lintas ("Traffic Growth Factor")
SN	: suatu besaran yang berhubungan dengan penentuan tebal lapis keras/ITP ("Structural Number")
R	: tingkat kehandalan dari kemungkinan terpenuhinya prediksi beban lalu lintas yang akan melintasi ruas jalan ("Reliability")
Mr	: suatu besaran yang menyatakan ukuran elastisitas bahan ("Modulus Resilient")
Ps	: tingkat pengembangan tanah dasar ("Swell Probability")
Vr	: potensi merembes ke atas ("Potential Vertical Rise")
PSI	: nilai indeks permukaan ("Present Serviceability Index")
18 Kips ESAL	: beban standar sumbu tunggal sebesar 18.000 Lbs (18 Kips)
* Factor	: faktor pertumbuhan lalu lintas/TEF
g	: angka pertumbuhan lalu lintas
D _D	: faktor distribusi arah
D _L	: faktor distribusi lajur
W ₁₈	: lintas ekivalen 18 Kips ESAL
W ₁₈ ²	: lintas ekivalen kumulatif 18 Kips ESAL
W _{t18}	: lintas ekivalen kumulatif repetisi 18 Kips ESAL
P _o	: indeks permukaan pada awal umur rencana
P _t	: indeks permukaan pada akhir umur rencana
E _{BS}	: modulus elastis/resilien lapis pondasi atas
E _{SB}	: modulus elastis/resilien lapis pondasi bawah
u	: kerusakan relatif dari kondisi tanah dasar
m ₂	: koefisien drainasi lapis pondasi atas
m ₃	: koefisien drainasi lapis pondasi bawah
Z _r	: simpangan baku normal
S _o	: simpangan baku keseluruhan

Umum

a ₁	: koefisien kekuatan relatif bahan lapis permukaan
a ₂	: koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi atas
a ₃	: koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi bawah
D ₁	: tebal lapis permukaan
D ₂	: tebal lapis pondasi atas
D ₃	: tebal lapis pondasi bawah
CBR	: penetapan nilai kekuatan bahan penyusun lapis keras untuk lapis pondasi dan Tanah Dasar ("California Bearing Ratio")
K _t	: penetapan nilai kekuatan bahan penyusun lapis keras dengan semen atau stabilisasi dengan kapur ("Triaxial test"/Kuat Tekan)
MS	: penetapan nilai kekuatan bahan penyusun lapis keras dengan aspal ("Marshall Stability")

DAFTAR LAMPIRAN

No. (1)	Uraian (2)
1	Rekapitulasi Analisis dengan Metode Bina Marga 1987
2	Rekapitulasi Analisis dengan Metode AASHTO 1986
3	Peta Lokasi Analisis
4	"Typical Cross Section" Ruas Jalan Solo Km 8,8 Sampai Km 12
5	Denah Situasi Lokasi Analisis
6	Bagan Alir Perencanaan Tebal Lapis Keras Lentur dengan Metode Bina Marga 1987
7	Bagan Alir Perencanaan Tebal Lapis Keras Lentur dengan Metode AASHTO 1986
8	Hasil Survei Volume Beban Lalu Lintas Primer Analisis Arah Ke Yogyakarta dan Prambanan Tahun 1999
9	Data Volume Beban Lalu Lintas Sekunder Ruas Jalan Solo – Prambanan Tahun 1990
10	Data Hasil Pengujian Laboratorium Bahan Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 Sampai Km 12
11	Nomogram Penentuan Tebal Lapis Keras Lentur Metode Bina Marga 1987
12	Nomogram Penentuan Tebal Lapis Keras Lentur Metode AASHTO 1986
13	Nomogram Penentuan Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a) Metode AASHTO 1986
14	Nomogram Penentuan Daya Dukung Tanah Metode AASHTO 1986
15	"Potential Vertical Rise" (Vr) Metode AASHTO 1986
16	Grafik Koefisien Drainasi Jalan (m) Metode AASHTO 1986
17	Nilai "Traffic Growth Factor" (TGF) Metode AASHTO 1986
18	Nilai "Traffic Equivalent Factor" (TEF) Metode AASHTO 1986
19	Grafik Hubungan 18 Kips ESAL dengan Waktu pada Analisis Menggunakan Metode AASHTO 1986
20	Grafik Hubungan 18 Kips ESAL dengan Waktu Metode AASHTO 1986
21	Grafik Hubungan PSI_{swell} dengan Waktu Metode AASHTO 1986
22	Grafik Hubungan Indeks Permukaan (PSI) dengan Waktu Metode AASHTO 1986
23	Contoh Perhitungan Umur Kinerja Jalan Metode AASHTO 1986

ABSTRAKSI

Propinsi DIY terkenal sebagai Kota Pelajar dan Kota Tujuan Wisata bagi kalangan domestik maupun manca negara. Seiring dengan hal tersebut, pertumbuhan lalu lintas pada ruas-ruas jalan di Yogyakarta meningkat pesat, sehingga beban lalu lintas yang harus didukung semakin besar, termasuk pada ruas jalan Solo Km 8,8 (Sta 8+800) sampai Km 12 (STA 12+000), yang merupakan segmen ruas Jalan Solo dan merupakan sumber bangkitan perjalanan di Yogyakarta. Hal ini menjadi dasar pertimbangan untuk melakukan evaluasi terhadap kemampuan lapis keras jalan pada saat ini untuk mendukung beban lalu lintas dalam kurun waktu sepuluh tahun mendatang.

Dalam Tugas Akhir ini, studi dilakukan dengan cara menganalisis tebal lapis keras lentur untuk sepuluh tahun mendatang yang akan dibandingkan dengan lapis keras lentur yang ada sekarang. Metode yang digunakan adalah Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1986. Analisis yang dilakukan merupakan aspek struktur lapis keras lentur dengan menentukan prediksi beban lalu lintas berdasarkan analisis pertumbuhan lalu lintas pada tahun 1990 dan tahun 1999. Dari analisis tersebut, dapat diketahui prediksi beban lalu lintas sampai kurun waktu yang direncanakan maupun sampai tahun ke-n ruas jalan tidak mampu lagi mendukung beban lalu lintas.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, lapis keras lentur yang ada sekarang tidak mampu untuk mendukung beban lalu lintas dalam kurun waktu sepuluh tahun mendatang (tahun 2009). Pada tahun ke-4 tahun 2003 (Metode Bina Marga 1987) dan pada tahun ke-2 tahun 2001 (Metode AASHTO 1986), ruas jalan tidak mampu lagi mendukung beban lalu lintas, sehingga pada tahun 2002 (Metode Bina Marga 1987) dan tahun 2000 (Metode AASHTO 1986), perlu dilakukan pekerjaan pelapisan ulang ("Overlay") pada ruas jalan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan sebagai salah satu sarana transportasi darat mempunyai peranan sangat penting dalam menunjang penyelenggaraan angkutan darat. Keberhasilan pelayanan jasa angkutan darat akan tercermin dari kemampuan ruas jalan dalam memenuhi berbagai kepentingan yang berhubungan dengan transportasi darat. Hal ini berkaitan erat dengan kinerja jalan yang sangat mempengaruhi seluruh kegiatan operasional transportasi darat. Dapat dikatakan bahwa produk suatu jalan merupakan hasil dari pelaksanaan operasional setiap tahun beserta tingkat pelayanan yang dihasilkan jalan.

Pesatnya pertumbuhan industri pariwisata, khususnya wisata seni dan budaya serta semakin banyak pendatang yang masuk, karena Yogyakarta terkenal sebagai Kota Pelajar, menyebabkan arus lalu lintasnya meningkat pesat. Kendaraan bermotor jenis sedan meningkat tajam sekitar 5,6 % dan bis sekitar 26,4 %, sedangkan pertumbuhan lalu lintas berkisar antara 5,5 % sampai 10 %. Keadaan ini tidak berimbang dengan perkembangan panjang jalan tersedia, yang hanya berkisar 1,9 % (Waldiyono, 1992).

Ahmad Munawar dalam seminar transportasi yang diselenggarakan Program Magister Sistem dan Teknik Transportasi Teknik Sipil UGM, Pebruari 1997, yang membahas masalah Manajemen Lalu Lintas Yogyakarta, mengatakan bahwa pada pagi hari jaringan jalan yang masuk Yogyakarta terbebani oleh arus lalu lintas penglaju ("Commuters"). Sebaliknya, pada siang atau sore hari membebani arus lalu

lintas ke arah luar Yogyakarta. Berdasarkan analisis kapasitas dan tingkat pelayanan jalan di Yogyakarta, tingkat pelayanan jalan pada jam sibuk telah melebihi 0,75 (MKJI, 1997).

Peningkatan arus lalu lintas menimbulkan berbagai permasalahan, seperti : kerusakan jalan, kemacetan, berkurangnya lahan parkir, kecelakaan lalu lintas dan ketidakseimbangan antara jumlah kendaraan dengan panjang jalan tersedia. Berarti tingkat pelayanan jalan yang memadai sesuai dengan umur rencana jalan semakin dibutuhkan oleh para pengguna jalan.

Ruas Jalan Solo yang memberikan peranan besar dalam menunjang pembangunan di wilayah Yogyakarta, tidak terlepas dari permasalahan tersebut. Ruas jalan ini mempunyai status sebagai jalan arteri dan merupakan pintu gerbang memasuki Yogyakarta, khususnya dari arah Timur. Selain itu, ruas jalan ini merupakan akses memasuki Jalan Arteri Lingkar Utara dan kawasan yang dipadati berbagai aktivitas. Pada Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa ruas jalan ini telah melampaui tingkat pelayanan jalan yang disyaratkan sebesar 0,75 (MKJI, 1997).

Tabel 1.1 Tingkat Pelayanan Jalan di Wilayah Yogyakarta

No.	Ruas Jalan	Tahun					
		1990	1991	1992	1993	1994	1995
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Yogyakarta – Bantul	1,40	1,60	1,02	1,02	0,81	0,86
2	Yogyakarta – Wates	0,85	1,04	1,04	1,00	0,74	0,77
3	Yogyakarta – Godean	1,21	1,41	1,41	0,90	0,93	0,97
4	Yogyakarta – Solo	0,98	1,21	1,21	1,26	1,33	1,37
5	Urip Sumoharjo	1,10	1,15	1,17	1,24	1,26	1,30
6	Kusuma Negara	1,07	1,12	1,27	1,26	1,26	1,35
7	Cik Di Tiro	1,19	1,22	1,27	1,37	1,54	1,44
8	HOS. Cokroaminoto	0,54	0,58	0,55	0,69	0,57	0,85

Sumber : DLLAJR dan UGM, 1991

Ruas Jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) ke arah Timur Yogyakarta sepanjang 3.200 meter sampai Km 12 (STA 12+000), merupakan segmen ruas Jalan Solo yang termasuk dalam Wilayah Maguwoharjo, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah

Istimewa Yogyakarta. Menurut Laporan Akhir Studi Sistem Transportasi Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta (DLLAJR Propinsi DIY dan UGM Tahun 1990), pertumbuhan lalu lintas Yogyakarta ke arah Prambanan cenderung meningkat. Secara relatif, daerah ini merupakan sumber bangkitan perjalanan di Yogyakarta, sehingga pengaruhnya terhadap ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 relatif besar.

Berdasarkan kenyataan di atas, maka ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 diprediksikan akan mengalami permasalahan dalam mendukung beban lalu lintas di masa datang. Untuk itu, perlu dilakukan analisis kemampuan lapis keras pada ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 dalam mendukung beban lalu lintas dengan menggunakan metode tertentu, dalam kurun waktu yang tertentu, akibat pertumbuhan lalu lintas sekarang dan masa datang. Diharapkan kebijakan yang akan diterapkan pada ruas jalan sesuai dengan keadaan saat ini dan tidak meleset dari prediksi masa datang serta sesuai dengan umur rencana jalan.

Dalam Tugas Akhir ini akan dianalisis kemampuan tebal lapis keras lentur ruas jalan dalam kurun waktu sepuluh tahun mendatang untuk mendukung beban lalu lintas dengan mengambil judul : **"Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986"**.

1.2 Pokok Masalah

Pertumbuhan lalu lintas pada ruas jalan merupakan suatu akses bertambahnya volume beban lalu lintas yang akan melintasi ruas jalan. Hal ini akan memberikan dampak negatif pada ruas jalan yang mengakibatkan turunnya tingkat pelayanan ruas jalan tersebut dalam mendukung beban lalu lintas.

Mengingat ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 terletak pada daerah yang diprediksikan akan mengalami lonjakan arus lalu lintas di masa datang, maka kemampuan ruas jalan dalam mendukung beban lalu lintas akan semakin menurun, sehingga akan menimbulkan permasalahan seperti yang telah diuraikan sebelumnya.

1.3 Tujuan Analisis

Tujuan Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986 adalah sebagai berikut :

- a. untuk lebih memahami prosedur analisis perhitungan tebal lapis keras lentur ruas jalan dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986,
- b. membandingkan hasil analisis dan perhitungan kedua metode tersebut terhadap kondisi lapis keras lentur yang ada sekarang,
- c. menentukan tebal lapisan masing-masing lapisan lapis keras dengan kedua metode tersebut, dan
- d. memprediksi kemampuan lapis keras lentur ruas jalan dalam mendukung beban lalu lintas dalam kurun waktu sepuluh tahun mendatang.

1.4 Manfaat Analisis

Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986 dalam kurun waktu sepuluh tahun mendatang ini, diharapkan dapat memberikan manfaat kepada :

- a. dunia ilmu pengetahuan, khususnya Teknik Sipil Transportasi,
- b. mahasiswa dan kalangan yang berminat dengan analisis di bidang transportasi, khususnya analisis tebal lapis keras lentur jalan, dan
- c. pihak yang berkepentingan dengan ruas jalan ini, baik sekarang maupun yang akan datang.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, pokok masalah, tujuan dan manfaat analisis analisis, maka dibuat batasan-batasan permasalahan terhadap analisis, yang meliputi hal-hal berikut ini.

- a. analisis ini tidak menyangkut tentang perencanaan sistem lalu lintas jalan,

- b. analisis ini mengacu kepada Metode Bina Marga 1987 (Metode Analisa Komponen, SKBI.2.3.26.1987, UDC : 625.73 (02)) dan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986),
- c. penganalisisan dititikberatkan pada analisis tebal lapis keras lentur ruas jalan pada saat ini dan prediksinya untuk sepuluh tahun mendatang akibat pertumbuhan lalu lintas, dengan merencanakan ketebalan lapis keras lentur berdasarkan metode pada langkah b dan dibandingkan dengan lapis keras lentur yang ada. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran kemampuan lapis keras lentur yang ada sampai kurun waktu sepuluh tahun mendatang dalam mendukung beban lalu lintas,
- d. lokasi analisis dimulai dari ruas Jalan Solo Km 8,8 (Pertigaan Maguwoharjo) pada STA 8+800, ke arah Timur Yogyakarta sepanjang 3.200 meter dan berakhir pada Jalan Solo Km 12 (pertemuan jalan dengan Jembatan Ngebruk) pada STA 12+000
- e. lalu lintas dalam analisis ini berkaitan dengan beban lalu lintas kendaraan,
- f. pengambilan data primer untuk lalu lintas kendaraan dititikberatkan pada masing-masing jalur yang dipisahkan oleh median jalan, dan tidak membahas masalah lebar jalur serta jumlah lajur dalam jalur jalan.
- g. data volume beban lalu lintas yang digunakan dalam analisis tebal lapis keras lentur adalah yang terbesar untuk satu arah pada ruas jalan,
- h. konfigurasi beban lalu lintas mengacu dari Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No.01/MN/B/1983 dari Departemen Pekerjaan Umum,
- i. analisis ini tidak membahas kemungkinan lain yang dapat terjadi pada ruas jalan berdasarkan kebijakan yang akan diterapkan,
- j. analisis ini tidak membahas masalah pertemuan jalan, dan
- k. analisis ini tidak membahas masalah pengujian material lapis keras.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang, sehingga diperlukan lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda atau lapisan paling atas dari badan jalan. Lapis tambahan ini dibuat dari bahan khusus dan terpilih, yang disebut sebagai lapis keras/perkerasan/"Pavement" (Suprpto, 1994).

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas (Tim PTN dan PTS, 1997).

Lapis keras merupakan suatu struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan daya dukung dan ketebalan yang berlainan. Fungsi utama lapis keras adalah untuk mendukung beban lalu lintas secara aman dan nyaman, sehingga tidak terjadi kerusakan yang berarti selama umur rencana jalan (Suprpto, 1994).

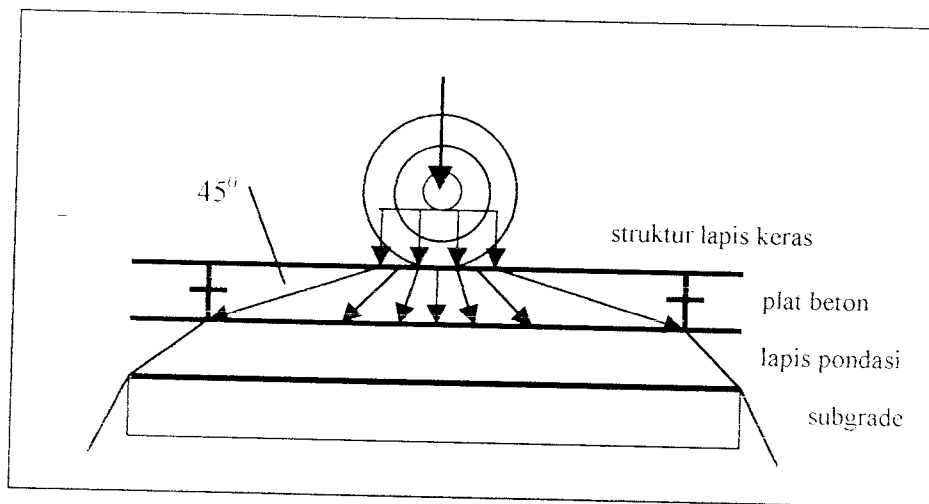
Berdasarkan bahan pengikatnya, struktur lapis keras dapat dibedakan menjadi dua macam berikut ini (Tim PTN dan PTS, 1997).

1. Lapis Keras Lentur ("Flexible Pavement")

Lapis keras lentur ("Flexible Pavement") adalah struktur lapis keras yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, lapisan lainnya bersifat mendukung dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut adalah lapisan permukaan ("Surface Course"), lapis pondasi atas ("Base Course"), lapis pondasi bawah ("Sub Base Course") dan tanah dasar ("Subgrade")

2. Lapis Keras Kaku ("Rigid Pavement")

Lapis keras kaku ("Rigid Pavement") adalah struktur lapis keras yang menggunakan bahan ikat semen portland, plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar, dengan atau tanpa pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton. Penyebaran beban tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Penyebaran Beban Roda pada Lapis Keras Kaku
Sumber : Rekayasa Jalan Raya (Tim PTN dan PTS, 1997)

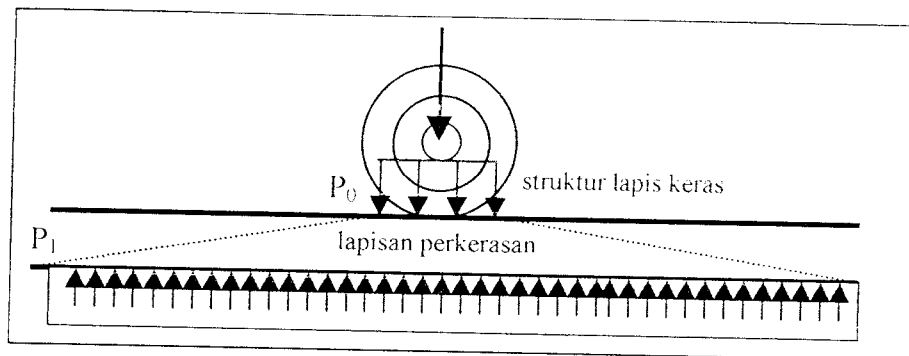
Lapis pondasi memberikan andil yang besar terhadap daya dukung lapis keras kaku, terutama yang diperoleh dari plat beton. Hal ini disebabkan oleh sifat plat beton yang kaku, sehingga dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang lebih kecil pada lapisan di bawahnya.

Silvia Sukirman menambahkan jenis lapis keras berdasarkan bahan pengikatnya dengan Lapis Keras Komposit ("Composite Pavement"), yaitu : suatu struktur lapis keras lentur dikombinasikan dengan lapis keras kaku, yang dapat berupa lapis keras lentur di atas lapis keras kaku atau sebaliknya ("Perkerasan Lentur Jalan Raya" 1993).

2.2 Struktur Lapis Keras Lentur ("Flexible Pavement")

Struktur lapis keras lentur ("Flexible Pavement") terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya (Silvia, 1993).

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat penyebaran beban roda kendaraan melalui lapis keras. Beban kendaraan dilimpahkan ke lapis keras melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi merata P_0 . Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi P_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.



Gambar 2.1 Penyebaran Beban Roda pada Lapis Keras Kaku
Sumber : Rekayasa Jalan Raya (Tim PTN dan PTS, 1997)

Struktur lapis keras lentur terdiri dari lapisan-lapisan berikut ini.

1. Lapis Permukaan ("Surface Course")

Lapis permukaan ("Surface Course") adalah lapisan lapis keras yang terletak paling atas (Suprpto, 1994).

Fungsi lapis permukaan beraspal meliputi hal-hal berikut ini (Suprpto, 1994)

- struktural, yaitu ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh lapis keras, dan
- non struktural, berupa lapis kedap air untuk mencegah masuknya air ke dalam lapis keras yang ada di bawahnya dan menyediakan permukaan yang tetap rata agar kendaraan dapat berjalan dengan nyaman.

2. Lapis Pondasi Atas ("Base Course")

Lapis pondasi atas ("Base Course") adalah lapisan lapis keras yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan (Silvia, 1993).

Fungsi lapis pondasi atas adalah sebagai berikut (Silvia, 1993) :

- a. bagian lapis keras yang menahan gaya lintang,
- b. lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah, dan
- c. landasan untuk lapis permukaan.

3. Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")

Lapis pondasi bawah ("Sub Base Course") adalah lapisan lapis keras yang terletak di antara lapis pondasi atas dan tanah dasar (Silvia, 1993).

Fungsi lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut (Silvia, 1993) :

- a. efisiensi penggunaan material,
- b. bagian lapis keras untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar,
- c. mengurangi ketebalan lapisan di atasnya,
- d. lapis peresapan agar air tanah tidak terkumpul di pondasi,
- e. sebagai lapisan pertama agar pekerjaan lebih lancar, dan
- f. sebagai pencegah partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

4. Lapisan Tanah Dasar ("Subgrade")

Tanah dasar ("Subgrade") adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah asli atau timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian lapis keras lainnya (Bina Marga, 1983).

Kekuatan dan keawetan lapis keras jalan sangat bergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Daya dukung tanah dasar pada perencanaan lapis keras lentur dinyatakan dengan nilai CBR ("California Bearing Ratio") (Suprpto, 1994).

2.3 Parameter Perencanaan

Perencanaan lapis keras lentur ditentukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi fungsi pelayanan struktur lapis keras jalan.

2.3.1 Fungsi Jalan

Menurut Panduan Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan di Wilayah Perkotaan dari Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tahun 1990 dan disebutkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 1985 Tentang Jalan, sistem jaringan jalan di Indonesia dibagi menjadi dua macam, yaitu :

- a. sistem jaringan jalan primer, adalah suatu sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengendalian semua wilayah di tingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud kota. Dengan kata lain, sistem jaringan jalan primer disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang dan struktur pengembangan wilayah tingkat nasional yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi, dan
- b. sistem jaringan jalan sekunder, adalah suatu sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota. Dengan kata lain, sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang mempunyai fungsi tertentu sampai ke perumahan.

Menurut Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota (Rancangan Akhir) dari Departemen Pekerjaan Umum, Desember 1990 dan disebutkan dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 1980 Tentang Jalan, menurut fungsinya jalan di Indonesia dibagi menjadi tiga, yaitu :

- a. jalan arteri, adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri : perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi,
- b. jalan kolektor, adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri : perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi, dan

- c. jalan lokal, adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri : perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.3.2 Kinerja Lapis Keras Jalan ("Pavement Performance")

Kinerja lapis keras jalan ("Pavement Performance") meliputi tiga hal, yaitu : keamanan, wujud lapis keras (struktural lapis keras) dan fungsi pelayanan lapis keras jalan (Silvia, 1993).

Kinerja lapis keras jalan dinyatakan dengan Indeks Permukaan (IP). IP diperkenalkan oleh AASHTO yang diperoleh dari pengamatan kondisi jalan selama umur rencana jalan. Nilai IP bervariasi antara 0 – 5. Jalan dengan lapis aspal beton yang baru dibuka, merupakan contoh jalan dengan nilai IP = 4,2 (Silvia, 1993).

2.3.3 Umur Rencana

Umur rencana lapis keras jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural (Bina Marga, 1983).

Umur rencana untuk lapis keras jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan, 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis, karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (Silvia, 1993).

2.3.4 Lalu Lintas

Kebutuhan manusia akan perpindahan dalam suatu masyarakat menimbulkan transportasi/pengangkutan. Untuk mengangkut orang atau barang, diperlukan alat angkut. Pergerakan alat angkut secara keseluruhan menimbulkan lalu lintas yang merupakan suatu kondisi dengan adanya pergerakan alat angkut (Suprpto, 1994).

Analisis lalu lintas dilakukan dengan mempertimbangkan hal-hal berikut ini (Bina Marga, 1983).

- a. hasil perhitungan volume lalu lintas dan komposisi beban sumbu berdasarkan data terakhir (≤ 2 tahun terakhir) dari pos resmi setempat, dan
- b. kemungkinan pengembangan lalu lintas sesuai dengan kondisi dan potensi sosial ekonomi daerah bersangkutan serta daerah sekitar yang berpengaruh terhadap ruas jalan.

Tebal lapis keras jalan ditentukan dari beban yang akan dipikul, berarti dari arus lalu lintas yang hendak menggunakan ruas jalan tersebut. Besarnya arus lalu lintas dapat diperoleh dari hal-hal berikut ini (Silvia, 1993).

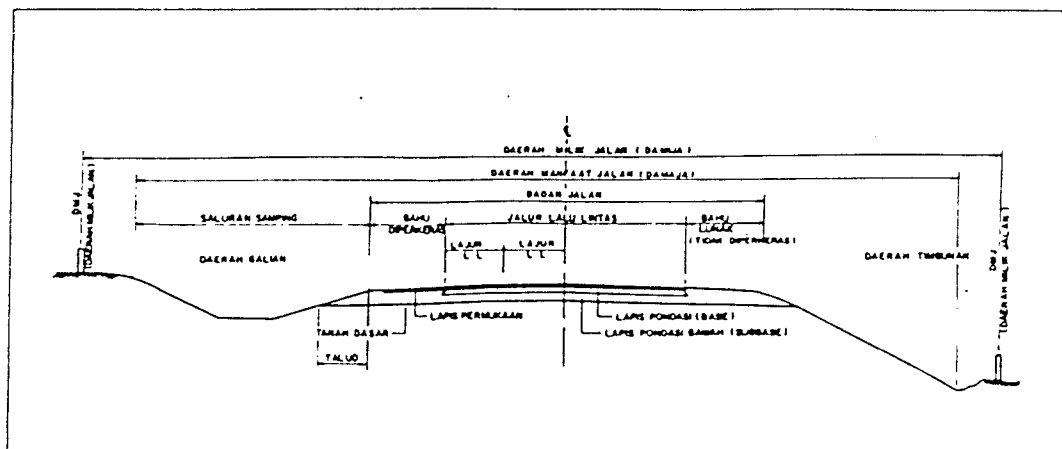
- a. faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana jalan, dan
- b. analisis lalu lintas saat ini, sehingga diperoleh data mengenai jumlah kendaraan yang akan memakai jalan, jenis kendaraan beserta jumlah setiap jenisnya, konfigurasi sumbu setiap jenis kendaraan, dan beban masing-masing sumbu kendaraan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam lalu lintas adalah seperti yang diuraikan berikut ini.

2.3.4.1 Jalur Lalu Lintas

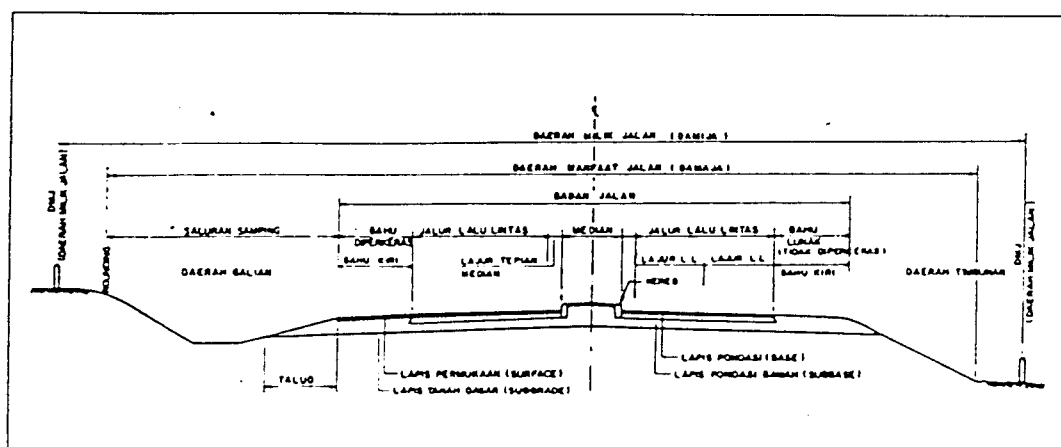
Jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian lapis keras yang diperuntukkan bagi lalu lintas kendaraan (Silvia, 1994).

Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang merupakan bagian dari jalur lalu lintas, khusus untuk dilewati rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah. Jumlah lajur minimal untuk jalan dua arah adalah dua, yang umum disebut jalan dua lajur dua arah. Jalur untuk satu arah, minimal terdiri dari satu lajur (Silvia, 1994). Pembagian jalur lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan 2.4.



Gambar 2.3 Jalur Lalu Lintas Tanpa Median Jalan

Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya (Silvia, 1994)



Gambar 2.4 Jalur Lalu Lintas Dengan Median Jalan

Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya (Silvia, 1994)

2.3.4.2 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu yang dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah (jalan dua arah tidak terpisah) dan kendaraan/hari/1 arah (jalan satu arah atau dua arah terpisah) (Silvia, 1993).

Data volume lalu lintas dapat diperoleh dari pos rutin yang ada di sekitar lokasi. Jika tidak ada, maka dapat dilakukan penghitungan secara manual di tempat yang dianggap perlu selama 3 x 24 jam atau 3 x 16 jam pengamatan terus menerus.

Dengan memperhatikan faktor hari, bulan dan musim pada saat penghitungan dilakukan, maka dapat diperoleh data yang representatif (Silvia, 1993).

Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan adalah (Silvia, 1994) :

1. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-Rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Untuk dapat menghitung LHR, harus tersedia data jumlah kendaraan yang terus-menerus selama satu tahun penuh. Mengingat biaya yang diperlukan dan ketelitian yang ingin dicapai serta tidak semua tempat di Indonesia mempunyai data volume lalu lintas selama satu tahun penuh, maka untuk kondisi tersebut dapat digunakan satuan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR). LHR dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.1 berikut ini.

$$\text{LHR} = \text{jumlah lalu lintas selama pengamatan} / \text{lama pengamatan} \dots\dots\dots (2.1)$$

Data LHR ini cukup teliti, jika :

- a. pengamatan dilakukan pada interval-interval waktu yang cukup menggambarkan fluktuasi arus lalu lintas selama 1 tahun, dan
- b. hasil LHR yang dipakai adalah harga rata-rata dari perhitungan LHR beberapa kali.

2. Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melintasi satu jalur selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

LHRT dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.2 berikut ini.

$$\text{LHRT} = \text{jumlah lalu lintas dalam 1 tahun} / 365 \dots\dots\dots (2.2)$$

LHRT dinyatakan dalam smp/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 jalur, 2 arah dan smp/hari/1 arah atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

3. Volume Jam Perencanaan (VJP)

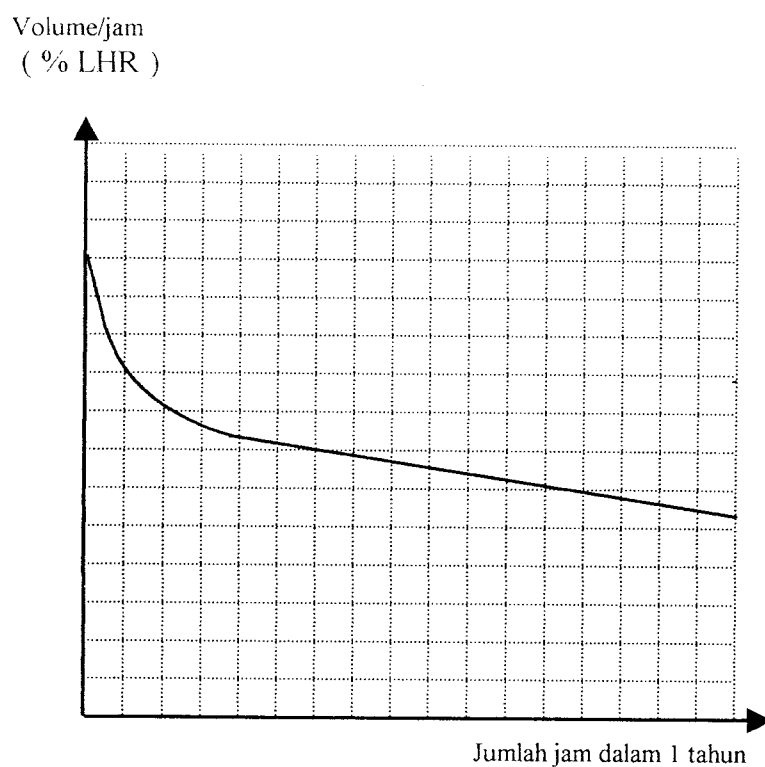
LHR dan LHRT adalah volume lalu lintas dalam satu hari yang merupakan volume harian, sehingga nilai LHR dan LHRT itu tidak memberikan gambaran tentang fluktuasi arus lalu lintas lebih pendek dari 24 jam. LHR dan LHRT tidak dapat memberikan gambaran perubahan yang terjadi pada berbagai jam dalam sehari, yang nilainya bervariasi antara 0 - 100 % LHR. Arus lalu lintas bervariasi untuk setiap jam dalam satu hari, sehingga cocok jika volume lalu lintas dalam 1 jam digunakan untuk perencanaan. Volume dalam 1 jam yang dipakai untuk perencanaan disebut Volume Jam Perencanaan (VJP) (Silvia, 1994).

Volume 1 jam yang dipakai sebagai VJP harus sedemikian rupa, supaya (Silvia, 1994) :

- a. volume tersebut tidak terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun, dan
- b. jika terdapat volume arus lalu lintas per jam yang melebihi volume jam perencanaan, maka kelebihan tersebut tidak boleh terlalu besar yang menyebabkan jalan menjadi lengang.

Menurut AASHTO, tumpukan terjadi pada jam sibuk ke-30 dengan volume lalu lintas/jam sebesar 15 % LHR. Berarti terdapat 30 jam dalam setahun volume lalu lintasnya jauh lebih tinggi dari kondisi di tumpukan (tumpukan di sebelah kiri tumpukan menanjak dengan cepat). VJP untuk jalan arteri sebaiknya diambil pada kondisi ini. Secara teoritis, jalan yang direncanakan dengan VJP pada kondisi di tumpukan, akan mengalami volume lalu lintas lebih besar dari volume perencanaan selama lebih kurang 30 jam dari 365 x 24 jam yang ada dalam setiap tahunnya. Hal ini bisa diterima, dari perencanaan jalan dengan volume maksimum yang hanya akan terjadi dalam periode yang sangat pendek setiap tahunnya. Untuk menghemat biaya, pada jalan-jalan yang kurang penting VJP dapat diambil pada

kondisi volume lalu lintas pada jam sibuk ke-100 atau ke-200. Hal ini dapat diterima, mengingat hanya antara 100-200 jam dalam 365×24 jam jalan akan mengalami kemacetan yang tersebar dalam waktu satu tahun. Bentuk umum lengkung yang menggambarkan hubungan antara jumlah jam dengan volume per jam dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Hubungan Jumlah Jam Dalam 1 Tahun dengan Volume Per Jam
Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya (Silvia, 1994)

VJP dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.3 berikut ini (Silvia, 1994).

$$VJP = K \cdot LHR \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan :

K = faktor VJP yang dipengaruhi oleh pemilihan jam sibuk ke berapa dan jalan antar kota (luar kota) atau jalan dalam kota (jalan perkotaan). Nilai K bervariasi antara 10 % - 15 % untuk jalan luar kota, sedangkan untuk jalan dalam kota akan lebih kecil (Silvia, 1994).

4. Kapasitas

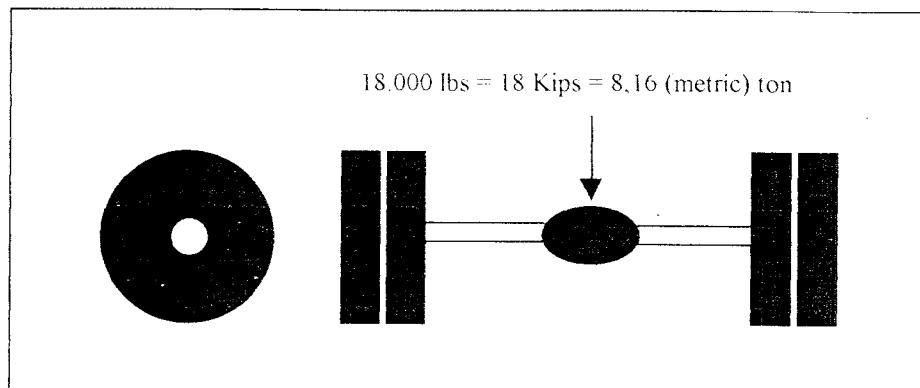
Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan pada jalur jalan selama satu jam dengan kondisi lalu lintas tertentu.

Perbedaan antara VJP dan kapasitas adalah : VJP menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang direncanakan akan melintasi suatu penampang jalan selama 1 jam, sedangkan kapasitas menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum yang dapat melintasi penampang jalan tersebut dalam waktu 1 jam sesuai dengan kondisi jalan. Nilai kapasitas dapat diperoleh dari penyesuaian dasar/ideal dengan kondisi jalan yang direncanakan.

2.3.4.3 Beban Sumbu Standar

Struktur lapis keras jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut bergantung pada berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dengan lapis keras, kecepatan kendaraan dan lainnya. Dengan demikian, efek masing-masing kendaraan terhadap kerusakan jalan berlainan, sehingga diperlukan suatu beban standar agar semua beban lainnya dapat diekivalensikan ke beban standar tersebut (Silvia, 1993).

Beban standar merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 pounds (8,16 ton). Semua beban kendaraan lain dengan beban sumbu berbeda, diekivalensikan ke beban sumbu standar dengan menggunakan angka ekivalen beban sumbu (E) (Silvia, 1993) atau EAL ("Equivalent Axle Load")/ESAL ("Equivalent Standard Axle Load") (Tim PTN dan PTS, 1997). Beban sumbu standar tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Konfigurasi Beban Sumbu Standar
 Sumber : Rekayasa Jalan Raya (Tim PTN dan PTS, 1997)

2.3.4.4 Jenis Kendaraan dan Konfigurasi Sumbu

Jenis kendaraan yang menggunakan jalan beraneka ragam, baik ukuran, jenis, konfigurasi dan beban sumpunya. Berdasarkan hal tersebut, volume lalu lintas umumnya dibagi dalam beberapa kelompok jenis kendaraan (Silvia, 1993).

Bina Marga memberikan patokan jenis kendaraan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 (terdapat dalam Rekayasa Jalan Raya dari Tim PTN dan PTS, 1997), sedangkan pada Tabel 2.2 dapat dilihat konfigurasi beban sumbu kendaraan dan angka ekivalen beban sumbu standar (E/EAL/ESAL) yang diberikan Bina Marga dalam Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No.01/MN/B/1983.

Konfigurasi roda dan as kendaraan umumnya diberikan dalam bentuk simbol. Misalnya simbol 1.2, menyatakan kendaraan tersebut terdiri dari 2 as (depan dan belakang). As depan terdiri dari roda tunggal, sedangkan as belakang terdiri dari roda ganda (Tim PTN dan PTS, 1997).

Tabel 2.2 berlaku untuk semua jenis dan besarnya muatan kendaraan. Peninjauan berdasarkan kendaraan kosong atau bermuatan/berisi. Jika dianggap bermuatan, maka muatan dianggap maksimum (penuh). Misalnya truk 1.2H pada

waktu kosong dianggap bermuatan dengan berat total 4,2 ton, sedangkan jika bermuatan, dianggap maksimum dengan berat total 18,2 ton. Jika truk tersebut bermuatan separuh, dianggap bermuatan maksimum, sedangkan jika bermuatan melebihi Tabel 2.2, maka akan terjadi salah perhitungan. Kenyataan di lapangan akan jauh melebihi estimasi sesuai Tabel 2.2 tersebut. Hal ini umum terjadi di Indonesia (Tim PTN dan PTS, 1997).

2.3.4.5 Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas adalah suatu proses bertambahnya jumlah kendaraan pengguna jalan yang umumnya dihitung dari tahun ke tahun. Faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen per tahun. Secara matematis, pertumbuhan lalu lintas dapat dicari menggunakan rumus bunga berganda/bunga majemuk berikut ini (Harahap dan Negoro, 1989).

$$b = a(1+i)^n \dots\dots\dots (2.4)$$

$$i = [(b/a)^{1/n} - 1] \cdot 100 \% \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan :

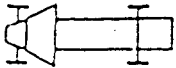
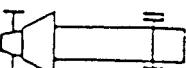
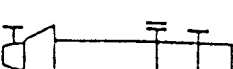
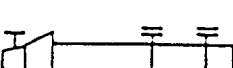
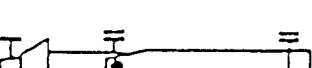
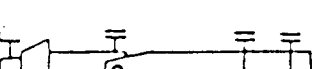



b = volume lalu lintas tahun ke-n

a = volume lalu lintas tahun a

i = tingkat pertumbuhan lalu lintas (% per tahun), dan

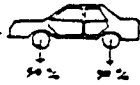
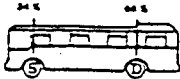
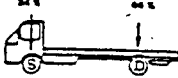
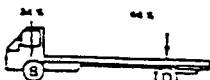

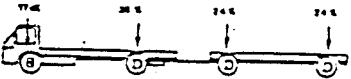
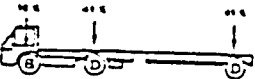
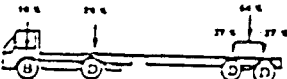
n = jumlah tahun

Tabel 2.1 Macam-Macam Konfigurasi Roda dan Sumbu Kendaraan

Konfigurasi Roda (1)	Tipe (2)	Jenis Kendaraan (3)
	1.1	Mobil Penumpang, Pick Up, Kombinasi, Mini Bus
	1.2L 1.2H	Truk Ringan, Truk Besar
	1.21	Bus Panjang, Truk Khusus
	1.22	Truk Tandem (Tronton)
	1.2-2	Truk Semi Trailer Menengah
	1.2-22	Truk Semi Trailer Berat dan Peti Kemas
	1.22-22	Truk Peti Kemas
	1.2+2.2	Truk Gandeng/Truk Trailer
	1.22+2.22	Truk Gandeng Peti Kemas

Sumber : Rekayasa Jalan Raya (Tim PTN dan PTS, 1997)

Tabel 2.2 Distribusi Beban Sumbu dari Berbagai Jenis Kendaraan

Konfigurasi Sumbu dan Type	Berat Kosong (Ton)	Berat Muatan Maks (Ton)	Berat Total Maks (Ton)	UE 18 KSAL Kosong	UE 18 KSAL Maks	Distribusi Beban
1.1 MP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0004	
1.2 Bus	3,0	6,0	9,0	0,0037	0,3006	
1.2L Truk	2,3	6,0	8,3	0,0013	0,2174	
1.2H Truk	4,2	14,0	18,2	0,0143	5,0264	
1.22 Truk	5,0	20,0	25,0	0,0044	2,7416	
1.2+2.2 TRAILER	6,4	25,0	31,4	0,0085	4,9283	
1.2-2 TRAILER	6,2	20,0	26,2	0,0192	6,1179	
1.2-22 TRAILER	10,0	32,0	42,0	0,0327	10,183	

Sumber : Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam. 1983

*) S = roda tunggal pada ujung sumbu, dan

**) D = roda ganda pada ujung sumbu

2.3.5 Sifat Tanah Dasar

Tanah dasar merupakan lapisan dasar untuk meletakkan lapisan lapis keras. Sifat tanah dasar ini mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhan. Di Indonesia, daya dukung tanah dasar untuk kebutuhan perencanaan tebal lapis keras jalan ditentukan dengan metode CBR ("California Bearing Ratio") (Silvia, 1993).

CBR diperoleh dari hasil pemeriksaan contoh tanah yang telah disiapkan di laboratorium atau langsung di lapangan. Tanah dasar pada struktur jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang sudah dipadatkan mencapai kepadatan 95 % kepadatan maksimum (Silvia, 1993).

2.3.6 Kondisi Lingkungan

Pengaruh kondisi lingkungan terhadap suatu lapis keras jalan adalah seperti yang diuraikan berikut ini (Silvia, 1993).

- a. berpengaruh terhadap sifat teknis struktur lapis keras dan sifat komponen material lapis keras,
- b. pelapukan bahan material, dan
- c. mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan lapis keras

Faktor utama yang mempengaruhi struktur lapis keras jalan adalah air yang berasal dari hujan dan pengaruh perubahan suhu akibat perubahan cuaca.

2.3.7 Material Lapis Keras yang Tersedia

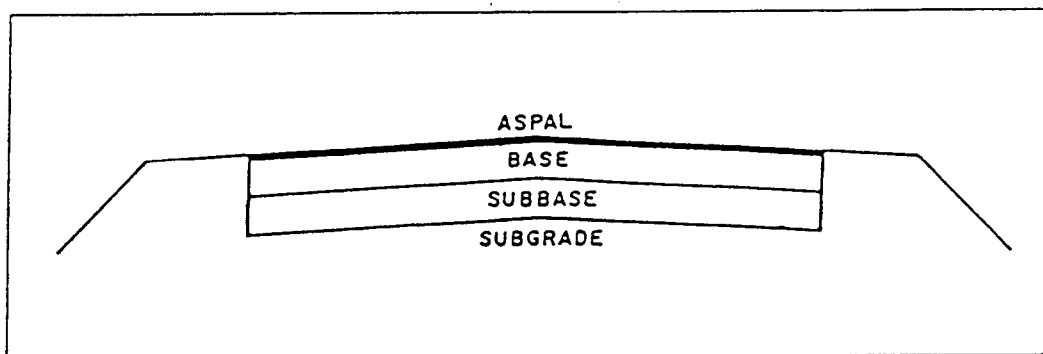
Perencanaan tebal lapis keras jalan dipengaruhi juga oleh jenis lapisan lapis keras. Hal tersebut ditentukan dari ketersediaan material di lokasi dan mutu material tersebut. Material struktur lapis keras yang umum digunakan adalah tanah, agregat/batuan dan aspal (Silvia, 1993).

2.3.8 Geometrik Lapis Keras

Bentuk geometrik lapis keras jalan mempengaruhi cepat atau lambatnya aliran air meninggalkan lapisan lapis keras jalan. Pada umumnya bentuk geometrik lapis keras dibedakan menjadi dua macam berikut ini (Silvia, 1993).

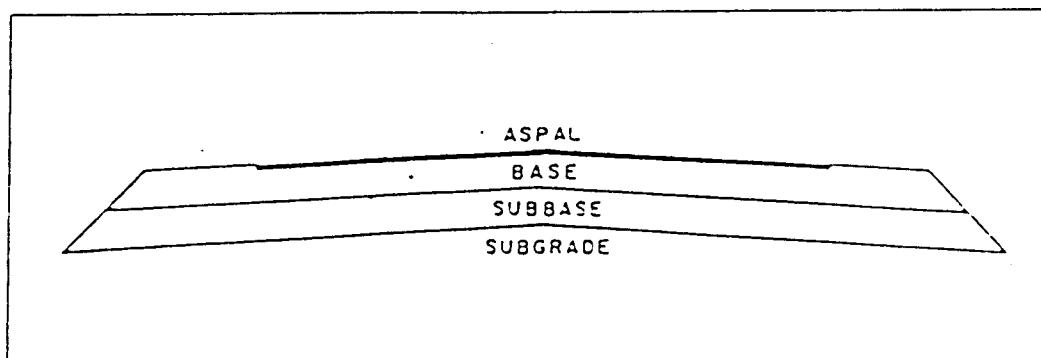
- a. struktur berbentuk kotak, lapisan lapis keras diletakkan di dalam lapisan tanah dasar. Kerugian jenis ini adalah air yang jatuh di atas permukaan lapis keras dan masuk melalui lubang-lubang pada lapis keras, lambat keluarnya karena tertahan material tanah dasar, dan
- b. struktur penuh sebadan jalan, lapisan lapis keras diletakkan di atas tanah dasar pada seluruh badan jalan. Keuntungannya adalah air yang jatuh dapat segera dialirkan keluar lapisan lapis keras jalan.

Bentuk geometrik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan 2.8 berikut ini.



Gambar 2.7 Lapisan Perkerasan Berbentuk Kotak

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya (Silvia, 1993)



Gambar 2.8 Lapisan Perkerasan Selebar Badan Jalan

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya (Silvia, 1993)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Perencanaan tebal lapis keras jalan baru umumnya dibedakan menjadi dua metode, yaitu (Silvia, 1993) :

- a. Metode Empiris, metode ini dikembangkan berdasarkan pengalaman dan penelitian dari jalan-jalan yang dibuat khusus untuk penelitian atau dari jalan yang sudah ada. Terdapat banyak metode empiris yang telah dikembangkan oleh berbagai negara seperti : Metode AASHTO Amerika Serikat, Metode Bina Marga Indonesia, Metode NAASRA Australia, Metode Road Note 29 Inggris, Metode Road Note 31 Inggris, dan
- b. Metode Teoritis (Analitis), metode ini dikembangkan berdasarkan teori matematis dari sifat tegangan dan regangan pada lapis keras akibat beban berulang dari lalu lintas.

Persyaratan dasar dalam perencanaan tebal lapis keras adalah sebagai berikut (Suprpto, 1994) :

- a. menyediakan permukaan jalan yang selalu rata dan kuat,
- b. menjamin keamanan yang tinggi untuk masa yang lama sesuai umur rencana jalan, dan
- c. memerlukan biaya pemeliharaan yang sekecil-kecilnya.

Kemampuan untuk memenuhi persyaratan tersebut bergantung pada hal-hal berikut ini (Suprpto, 1994).

- a. kebutuhan dan tuntutan lalu lintas di daerahnya,
- b. keadaan tanah serta iklim daerah, dan
- c. kemampuan pendanaan untuk pelaksanaan pembangunan lapis keras.

Perencanaan tebal lapis keras lentur dengan metode empiris sebaiknya dilakukan dengan beberapa metode. Hasil perencanaan akhir diperoleh dari hasil studi banding, dengan memperhatikan biaya konstruksi awal, perputaran harga material, pemeliharaan, tenaga kerja, ketersediaan material yang diperlukan, asumsi yang digunakan pada setiap metode dan kondisi lingkungan (Silvia, 1993).

Berikut ini akan diuraikan Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1986 untuk melakukan perencanaan tebal lapis keras lentur jalan raya.

3.2 Metode Bina Marga 1987

Metode Bina Marga 1987 merupakan modifikasi dari Metode AASHTO 1972, revisi 1981. Modifikasi dilakukan untuk penyesuaian dengan kondisi alam, lingkungan, sifat tanah dasar dan jenis lapis keras yang umum digunakan di Indonesia (Silvia, 1993).

Metode Bina Marga dikeluarkan pada tahun 1987 dengan nama Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, UDC : 626.73 (02). Metode ini hanya berlaku untuk struktur lapis keras yang menggunakan material berbutir ("Granular Material", batu pecah) dan tidak berlaku untuk struktur lapis keras yang menggunakan batu besar (cara Telford) (Bina Marga, 1987).

Berdasarkan metode ini, dalam menentukan dan merencanakan suatu perkerasan lentur jalan, harus memperhatikan hal-hal berikut ini (Bina Marga, 1987).

3.2.1 Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan menurut Tabel 3.1, sedangkan koefisien

distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana, ditentukan menurut Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Lapis Keras Metode Bina Marga 1987

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
(1)	(2)
$L < 5,50 \text{ m}$	1
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 3.2 Koefisien Distribusi Kendaraan (C) Metode Bina Marga 1987

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan ^{*)}		Kendaraan Berat ^{**)}	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1,00	1,00	1,00	1,000
2	0,60	0,50	0,70	0,500
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,450
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,400

Sumber : Bina Marga, 1987

^{*)} berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.

^{**)} berat total \geq 5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer

3.2.2 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal sebesar 8,16 ton (18.000 Lb) (Bina Marga, 1987).

Angka Ekuivalen (E) kendaraan adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama, jika kendaraan tersebut melintas 1 kali. Misalnya : diketahui $E_{Truk} = 1,2$, ini berarti 1 kali lintasan kendaraan truk

menyebabkan penurunan indeks permukaan yang sama dengan 1,2 kali lintasan sumbu standar (Silvia, 1993).

Bina Marga 1987 memberikan persamaan untuk menentukan angka ekuivalen beban sumbu kendaraan berikut ini.

$$E_{\text{Sumbu Tunggal}} = (\text{beban satu sumbu tunggal (Kg)}/8160)^4 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$E_{\text{Sumbu Ganda}} = 0,086 (\text{beban satu sumbu ganda (Kg)}/8160)^4 \dots\dots\dots (3.2)$$

Angka ekuivalen beban sumbu kendaran (E) dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan Metode Bina Marga 1987

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
(1)	(2)	(3)	(4)
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	3,2712

Sumber : Bina Marga, 1987

3.2.3 Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor roda empat atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. 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.

3.2.4 Persamaan-Persamaan Lintas Ekivalen

Persamaan-persamaan lintas ekivalen yang digunakan dalam Metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada uraian berikut ini.

a. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal sebesar 8,16 ton (18.000 Lb) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana dan dihitung menggunakan Persamaan 3.3 berikut ini.

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \cdot C_j \cdot E_j \dots\dots\dots (3.3)$$

dengan :

j = jenis kendaraan,

n = tahun pengamatan,

LHR = lalu lintas harian rata-rata,

C_j = koefisien distribusi kendaraan, dan

E_j = angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan.

b. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Lintas Ekivalen Akhir (LEA) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lb) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana dan dihitung menggunakan Persamaan 3.4.

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \cdot C_j \cdot E_j \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan :

- j = jenis kendaraan,
 n = tahun pengamatan,
 LHR = lalu lintas harian rata-rata,
 UR = umur rencana,
 C_j = koefisien distribusi kendaraan, dan
 E_j = angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan.

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Lintas Ekivalen Tengah (LET) adalah jumlah lintas harian rata-rata sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lb) pada lajur rencana di pertengahan umur rencana dan dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini.

$$LET = (LEP + LEA) / 2 \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Lintas Ekivalen Rencana (LER), adalah suatu besaran yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lb) pada lajur rencana dan dihitung menggunakan Persamaan 3.6 dan 3.7 berikut ini.

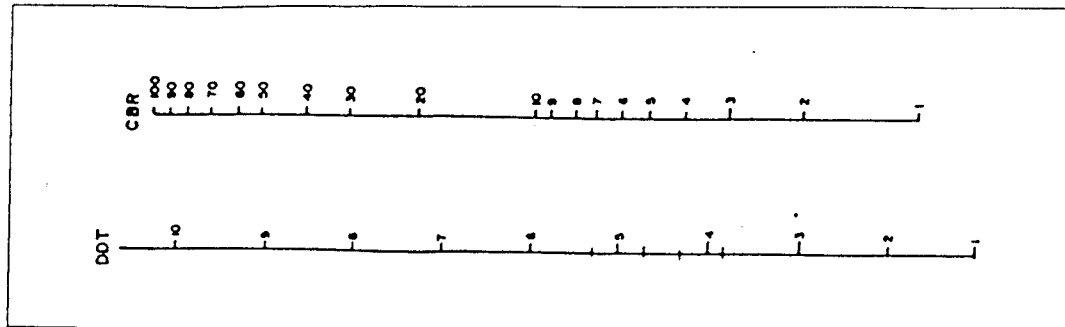
$$LER = LET \cdot FP \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

$$FP = UR / 10 \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

dengan : FP = Faktor Penyesuaian dan UR = Umur Rencana.

3.2.5 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar adalah suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan kekuatan tanah dasar yang ditentukan berdasarkan grafik korelasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Harga CBR di sini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium.



Gambar 3.1 Grafik Korelasi DDT dan CBR
Sumber : Bina Marga, 1987.

CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan ("Overlay") dan CBR laboratorium untuk perencanaan jalan baru. Harga yang mewakili sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan dengan cara berikut ini.

- a. menentukan harga CBR terendah,
- b. menentukan banyaknya harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR,
- c. angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 % dan jumlah lainnya merupakan persentase dari 100 %,
- d. dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase Langkah c, dan
- e. nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari persentase 90 %.

3.2.6 Faktor Regional (FR)

Faktor Regional (FR) adalah faktor setempat, menyangkut keadaan lapangan dan iklim yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar dan lapis keras. Dalam perencanaan tebal lapis keras, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen, persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta curah hujan seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Faktor Regional (FR)^{*)} Metode Bina Marga 1987

Kategori Iklim	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6 % - 10 %)		Kelandaian III (> 10 %)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : Bina Marga, 1987

*) pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5 dan pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

3.2.7 Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang melintasi lapis keras.

Nilai indeks permukaan beserta artinya adalah sebagai berikut :

- a. IP = 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan,
- b. IP = 1,5 menyatakan tingkat pelayanan rendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus),
- c. IP = 2,0 menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap,
- d. IP = 2,5 menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana (IPt), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.5 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPT)
Metode Bina Marga 1987**

LER*)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
< 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 : Bina Marga, 1987

*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton (18.000 Lb) beban sumbu tunggal

Penentuan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP_0), perlu memperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana seperti yang tercantum dalam Tabel 3.6 berikut ini.

**Tabel 3.6 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP_0)
Metode Bina Marga 1987**

Jenis Lapis Keras	IP_0	Roughness (mm/km)
(1)	(2)	(3)
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	$\leq 2,4$	-

Sumber : Bina Marga, 1987

*) alat pengukur roughness yang dipakai adalah roughometer NAASRA yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 Station Wagon dengan kecepatan kendaraan ± 32 km/jam.

3.2.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan (a) dan kegunaannya, ditentukan secara korelasi sesuai nilai "Marshall Test" (bahan dengan aspal), kuat tekan (bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur) atau CBR (bahan lapis pondasi bawah). Nilai koefisien kekuatan relatif bahan lapis keras dapat dilihat pada Tabel 3.7.

**Tabel 3.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a)
Metode Bina Marga 1987**

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	K _t (kg/cm)	CBR (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,33	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,25	-	-	-	-	-	HRA
0,20	-	-	-	-	-	Aspal Macadam
-	0,28	-	590	-	-	Lapen (Mekamis)
-	0,26	-	454	-	-	Lapen (Manual)
-	0,24	-	340	-	-	Laston Atas
-	0,23	-	-	-	-	
-	0,19	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	Lapen (Mekamis)
-	0,13	-	-	18	-	Lapen (Manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas Tanah dengan Semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Stabilitas Tanah dengan Kapur
-	0,13	-	-	-	80	
-	0,12	-	-	-	60	Batu Pecah (Kelas A)
-	-	0,13	-	-	70	Batu Pecah (Kelas B)
-	-	0,12	-	-	50	Batu Pecah (Kelas C)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/Pitrun (Kelas A)
-	-	0,10	-	-	20	Sirtu/Pitrun (Kelas B)
-	-	0,10	-	-	20	Sirtu/Pitrun (Kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/Lempung Kepasiran

Sumber : Bina Marga, 1987

3.2.9 Batas Minimum Tebal Lapis Keras

Batas minimum tebal lapis keras lentur dapat dilihat pada Tabel 3.8.

**Tabel 3.8 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Keras
Metode Bina Marga 1987**

Lapis Permukaan ("Surface Course")		
ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
(1)	(2)	(3)
< 3,00	5	Lapis Pelindung (Buras/Burtu/Burda)
3,00 - 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
3,71 - 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston
Lapis Pondasi Atas ("Base Course")		
< 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
10,0 - 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
Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")		
Untuk setiap nilai ITP jika digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm		

Sumber : Bina Marga, 1987

*) batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm jika pondasi bawah digunakan material berbutir kasar

3.2.10 Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks Tebal Perkerasan (ITP) adalah suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal lapis keras.

Perhitungan perencanaan tebal lapis keras lentur didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapis keras jangka panjang. Penentuan tebal lapis keras lentur dinyatakan dengan Indeks Tebal Perkerasan (ITP), yang dapat diketahui dengan Persamaan 3.8.

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots\dots\dots (3.8)$$

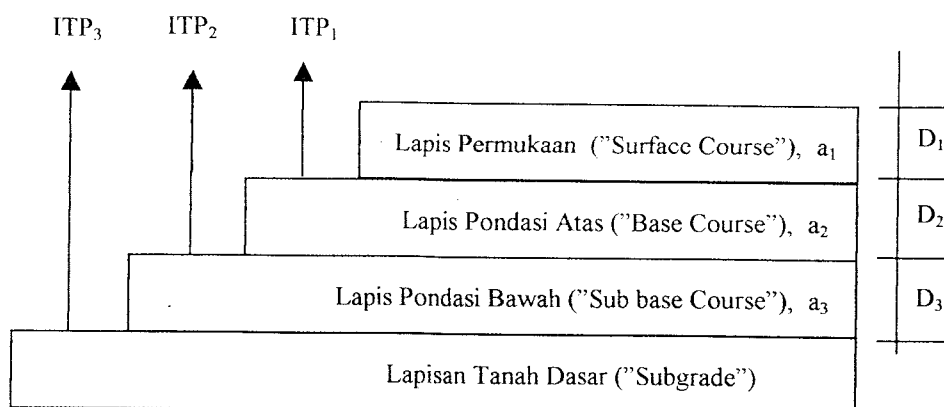
dengan :

a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan relatif bahan lapis keras (Tabel 3.7),

D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapisan lapis keras (cm).

Bagan alir perencanaan tebal lapis keras lentur dengan metode ini dapat dilihat pada Lampiran 6, sedangkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur dapat dilihat pada Lampiran 11.

Struktur lapis keras lentur dengan Metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Struktur Lapis Keras Lentur Metode Bina Marga 1987
Sumber : Bina Marga, 1987

3.3 Metode AASHTO 1986

Metode perencanaan tebal lapis keras lentur AASHTO (American Association Of State Highway and Transportation Officials), berkembang sejak dimulainya pengujian lapangan di Ottawa (negara bagian Illinois). Perkembangan metode AASHTO berkelanjutan sesuai dengan hasil pengamatan, pengalaman dan penelitian yang didapat, sampai dikeluarkannya AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986), yang merupakan penyempurnaan AASHTO 1972 dan 1981 (Silvia, 1993).

3.3.1 Persamaan Dasar

Perencanaan tebal lapis keras lentur ("Flexible Pavement") dengan menggunakan Metode AASHTO 1986, didasarkan atas hasil penelitian dan pengamatan terhadap kegagalan struktur lapis keras lentur dalam mendukung beban lalu lintas yang melintas di atas permukaan jalan. Kegagalan tersebut terlihat dari kerusakan-kerusakan jalan yang terjadi.

Persyaratan dasar yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tebal lapis keras lentur menggunakan metode ini adalah : jalan harus memiliki permukaan yang tetap rata, kuat, dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan dan bernilai ekonomis.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut, AASHTO 1986 memberikan persamaan dasar berikut ini.

$$\log_{10} W_{18} = [9,36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0,20] + \log_{10} \frac{[(\Delta PSI)/(4,2-1,5)]}{[(0,4+1094)/(SN+1)^{5,19}]} + Z_r \cdot S_o + 2,32 \cdot \log_{10}(M_r) - 8,07 \quad (3.9)$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (3.10)$$

$$\Delta PSI = IP_o - IP_t \quad (3.11)$$

dengan :

W_{18}	= lintas ekuivalen selama umur rencana (18 Kips ESAL),
SN	= "Structural Number"/Indeks Tebal Perkerasan (ITP),
Δ PSI	= "Present Serviceability Index"/Nilai Indeks Permukaan,
Z_r	= simpangan baku normal,
S_o	= simpangan baku keseluruhan,
M_r	= Modulus Resilien (Psi),
a	= koefisien kekuatan relatif bahan,
D	= tebal masing-masing lapisan lapis keras,
m	= koefisien drainasi masing-masing lapisan lapis keras,
IPo	= Indeks Permukaan pada awal umur rencana, dan
IPt	= Indeks Permukaan pada akhir umur rencana.

3.3.2 Parameter Perencanaan

Parameter perencanaan yang digunakan dalam Metode AASHTO 1986, didasarkan atas berbagai pertimbangan seperti yang diuraikan berikut ini.

3.3.2.1 Batasan Waktu

Batasan waktu meliputi pemilihan lamanya umur rencana dan umur kinerja jalan ("Perfomanced Period"). Umur kinerja jalan adalah masa pelayanan jalan yang pada akhir masa pelayanan dibutuhkan perbaikan, rehabilitasi atau "Overlay". Umur rencana dapat sama atau lebih besar dari umur kinerja jalan.

3.3.2.2 Beban Lalu Lintas dan Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang digunakan dalam metode ini adalah beban sumbu sebesar 18.000 Lbs (18 Kips) untuk menyatakan korelasi beban sumbu kendaraan dengan beban sumbu standar ("Equivalent Single Axle Load"/ESAL). Untuk menyatakan korelasi tersebut, digunakan faktor ekuivalen (TEF/"Traffic Equivalent Factor"). Besarnya nilai TEF tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.9 sampai Tabel 3.12 dan untuk selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 18.

Tabel 3.9 Faktor Ekuivalen Sumbu Tunggal, Pt = 2,0 Metode AASHTO 1986

Axle Load		Structural Number					
Kips	Kn	1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
2	8.9	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	17.8	0,0020	0,0030	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
6	26.7	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
8	35.6	0,0300	0,0400	0,0400	0,0300	0,0300	0,0300
10	44.5	0,0800	0,0800	0,0900	0,0800	0,0800	0,0800
12	53.4	0,1600	0,1800	0,1900	0,1800	0,1700	0,1700
14	62.3	0,3200	0,3400	0,3500	0,3500	0,3400	0,3300
16	71.2	0,5900	0,6000	0,6100	0,6100	0,6000	0,6000
18	80.1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
20	89.1	1,6100	1,5900	1,5600	1,5500	1,5700	1,6000
22	97.9	2,4900	2,4400	2,3500	2,3100	2,3500	2,3100
24	106.8	3,7100	3,6200	3,4300	3,3300	3,4000	3,5100
26	115.7	5,3600	5,2100	4,8800	4,6800	4,7700	4,9600
28	124.6	7,5400	7,3100	6,7800	6,4200	6,5200	6,8300
30	133.4	10,380	10,030	9,2400	8,6500	8,7300	9,1700
32	142.3	14,000	13,510	12,370	11,460	11,480	12,070
34	151.2	18,550	17,870	16,300	14,970	14,870	15,630
36	160.2	24,200	23,300	21,160	19,280	19,020	19,930
38	169.0	31,140	29,950	27,120	24,550	24,030	25,100
40	177.9	39,570	38,020	34,340	30,920	30,040	31,250

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Tabel 3.10 Faktor Ekuivalen Sumbu Ganda, Pt = 2,0 Metode AASHTO 1986

Axle Load		Structural Number					
Kips	Kn	1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
10	44.5	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
12	53.4	0,0100	0,0200	0,0200	0,0100	0,0100	0,0100
14	62.3	0,0200	0,0300	0,0300	0,0300	0,0200	0,0100
16	71.2	0,0400	0,0500	0,0500	0,0500	0,0400	0,0400
18	80.1	0,0700	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0700
20	89.1	0,1000	0,1200	0,1200	0,1200	0,1100	0,1000
22	97.9	0,1600	0,1700	0,1800	0,1700	0,1600	0,1600
24	106.8	0,2300	0,2400	0,2600	0,2500	0,2400	0,2300
26	115.7	0,3200	0,3400	0,3600	0,3500	0,3400	0,3300
28	124.6	0,4500	0,4600	0,4900	0,4800	0,4700	0,4600
30	133.4	0,6100	0,6200	0,6500	0,6400	0,6300	0,6200
32	142.3	0,8100	0,8200	0,8400	0,8400	0,8300	0,8200
34	151.2	1,0600	1,0700	1,0800	1,0800	1,0800	1,0700
36	160.2	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800
38	169.0	1,7600	1,7500	1,7300	1,7200	1,7300	1,7400
40	177.9	2,2200	2,1900	2,1500	2,1300	2,1600	2,1800
42	186.8	2,7700	2,7300	2,6400	2,6200	2,6600	2,7000
44	195.7	3,4200	3,3600	3,2300	3,1800	3,2400	3,3100
46	204.6	4,2000	4,1100	3,9200	3,8300	3,9100	4,0200
48	213.5	5,1000	4,9800	4,7200	4,5800	4,6800	4,8300

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Tabel 3.11 Faktor Ekuivalen Sumbu Tunggal, Pt = 2,5 Metode AASHTO 1986

Axle Load		Structural Number					
Kips	Kn	1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
2	8,9	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
4	17,8	0,0030	0,0040	0,0040	0,0040	0,0030	0,0020
6	26,7	0,0100	0,0200	0,0200	0,0100	0,0100	0,0100
8	35,6	0,0300	0,0500	0,0500	0,0400	0,0300	0,0300
10	44,5	0,0800	0,1000	0,1200	0,1000	0,0900	0,0800
12	53,4	0,1700	0,2000	0,2300	0,2100	0,1900	0,1800
14	62,3	0,3300	0,3600	0,4000	0,3900	0,3600	0,3400
16	71,2	0,5900	0,6100	0,6500	0,6500	0,6200	0,6100
18	80,1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
20	89,1	2,6100	1,5700	1,4900	1,4700	1,5100	1,5500
22	97,9	2,4800	2,3800	2,1700	2,0900	2,1800	2,3000
24	106,8	3,6900	3,4900	3,0900	2,8900	3,0300	3,2700
26	115,7	5,3300	4,9900	4,3100	3,9100	4,0900	4,4800
28	124,6	7,4900	6,9800	5,9000	5,2100	5,3900	5,9800
30	133,4	10,310	9,550	7,9400	6,8300	6,9700	7,7900
32	142,3	13,900	12,820	10,520	8,8500	8,8800	9,9500
34	151,2	18,410	16,940	13,740	11,340	11,180	12,510
36	160,2	24,020	22,040	17,730	14,380	13,930	15,500
38	169,0	30,900	28,300	22,610	18,060	17,200	18,980
40	177,9	39,260	35,890	28,510	22,500	21,080	23,040

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Tabel 3.12 Faktor Ekuivalen Sumbu Ganda, Pt = 2,5 Metode AASHTO 1986

Axle Load		Structural Number					
Kips	Kn	1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
10	44,5	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
12	53,4	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0100	0,0100
14	62,3	0,0300	0,0400	0,0400	0,0300	0,0300	0,0200
16	71,2	0,0400	0,0700	0,0700	0,0600	0,0500	0,0400
18	80,1	0,0700	0,0100	0,1100	0,0900	0,0800	0,0700
20	89,1	0,1100	0,1400	0,1600	0,1400	0,1200	0,1100
22	97,9	0,1600	0,2000	0,2300	0,2100	0,1800	0,1700
24	106,8	0,2300	0,2700	0,3100	0,2900	0,2600	0,2400
26	115,7	0,3300	0,3700	0,4200	0,4000	0,3600	0,3400
28	124,6	0,4500	0,4900	0,5500	0,5300	0,5000	0,4700
30	133,4	0,6100	0,6500	0,7000	0,7000	0,6600	0,6300
32	142,3	0,8100	0,8400	0,8900	0,8900	0,8600	0,8300
34	151,2	1,0600	1,0800	1,1100	1,1100	1,0900	1,0800
36	160,2	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800
38	169,0	1,7500	1,7300	1,6900	1,6800	1,7000	1,7300
40	177,9	2,2100	2,1600	2,0600	2,0300	2,0800	2,1400
42	186,8	2,7600	2,6700	2,4900	2,4300	2,5100	2,6100
44	195,7	3,4100	3,2700	2,9900	2,8800	3,0000	3,1600
46	204,6	4,1800	3,9800	3,5800	3,4000	3,5500	3,7900
48	213,5	5,0800	4,8000	4,2500	3,9800	4,1700	4,4900

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Beban lalu lintas merupakan beban yang langsung mengenai permukaan lapis keras. Kerusakan suatu jalan sebagian besar disebabkan oleh beban lalu lintas tersebut yang merupakan beban berulang. Lintas ekuivalen kumulatif selama umur rencana dan selama umur kinerja jalan tersebut, dapat ditentukan dengan mengetahui beban lalu lintas dan tingkat pertumbuhannya. AASHTO 1986 memberikan persamaan sebagai berikut (Silvia, 1993) :

$$18 \text{ Kips ESAL} = 365 \cdot A_i \cdot E_i \cdot C_i \cdot (1+a)^n \cdot [\{ (1+i)^n - 1 \} / i] \dots\dots (3.12)$$

dengan :

18 Kips ESAL = lintas ekuivalen kumulatif pada lajur rencana,

A_i = jumlah untuk satu jenis kendaraan (kendaraan/hari/2 arah)
pada tahun perhitungan volume lalu lintas,

E_i = angka ekuivalen beban sumbu untuk satu jenis kendaraan,

C_i = koefisien distribusi kendaraan pada lajur rencana,

a = faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan dari perhitungan
volume lalu lintas sampai saat jalan tersebut dibuka,

n' = jumlah tahun dari saat diadakan perhitungan volume lalu
lintas sampai jalan tersebut dibuka,

i = faktor pertumbuhan lalu lintas dari jalan tersebut dibuka
sampai pada tahun pengamatan, dan

n = jumlah tahun pengamatan.

Persamaan 3.12 di atas didasarkan atas Persamaan 3.13 sampai 3.16 yang diberikan AASHTO 1986 berikut ini.

$$W_{18}^T = D_D \cdot D_L \cdot W_{18} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$W_{t18} = W_{18}^T \left[\frac{(1+g)^t - 1}{g} \right] \dots\dots\dots (3.14)$$

$$* \text{ Faktor} = [(1 + g)^t - 1] / g \quad \dots\dots\dots (3.15)$$

$$g = \text{angka pertumbuhan lalu lintas} / 100 \quad \dots\dots\dots (3.16)$$

dengan :

W_{18} = kumulatif 18 Kips ESAL,

D_D = faktor distribusi arah

D_L = faktor distribusi lajur, dapat dilihat pada Tabel 3.13,

W_{18} = lintas ekuivalen 18 Kips ESAL,

g = angka pertumbuhan lalu lintas,

t = tahun perencanaan,

W_{t18} = kumulatif pengulangan 18 Kips ESAL awal tahun perencanaan,

* Faktor = faktor pertumbuhan lalu lintas, dapat dilihat pada Lampiran 17.

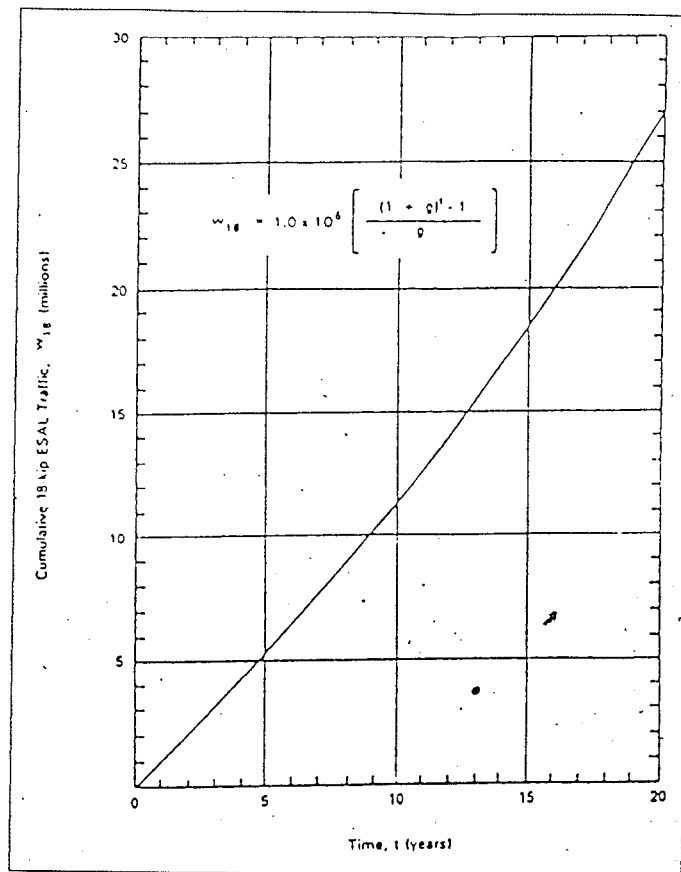
Jumlah beban sumbu ekuivalen 18 Kips ESAL menunjukkan jumlah beban untuk semua lajur dan kedua arah. Untuk perencanaan, jumlah beban ini harus didistribusikan menurut arah dan lajur rencana. Faktor distribusi arah biasanya 50 % atau ditetapkan dengan cara lain, sedangkan faktor distribusi lajur dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut ini.

Tabel 3.13 Faktor Distribusi Lajur (D_L) Metode AASHTO 1986

Jumlah Lajur untuk Kedua Arah	Persen W_{t18} (18 Kips ESAL) pada Lajur Rencana
(1)	(2)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
≥ 4	50 – 75

Sumber : AASHTO, Guide Frs Design Of Pavement Structures, 1986

Besarnya 18 Kips ESAL sebaiknya digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara 18 Kips ESAL dengan waktu seperti contoh pada Gambar 3.3 dan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 20.



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Antara 18 Kips ESAL dengan Jumlah Tahun
 Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

3.3.2.3 Reliabilitas dan Simpangan Baku Keseluruhan

Reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan selama masa pelayanan, dipandang dari pemakai jalan yang merupakan nilai jaminan bahwa perkiraan beban lalu lintas yang akan melintasi jalan tersebut dapat terpenuhi. AASHTO 1986 memberikan tingkat reliabilitas seperti yang tercantum dalam Tabel 3.14 berikut ini.

Tabel 3.14 Tingkat Reliabilitas (R) Metode AASHTO 1986

Fungsi Jalan	Tingkat Keandalan (R) dalam %	
	Urban	Rural
(1)	(2)	(3)
Jalan tol	85,0 – 99,9	80,0 – 99,9
Arteri	80,0 – 99,0	75,0 – 95,0
Kolektor	80,0 – 95,0	75,0 – 95,0
Lokal	50,0 – 80,0	50,0 – 80,0

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Simpangan baku normal (Z_r) akibat perkiraan beban lalu lintas dan kondisi lapis keras dapat dilihat pada Tabel 3.15, yang ditentukan berdasarkan nilai tingkat reliabilitas pada Tabel 3.14.

Tabel 3.15 Simpangan Baku Normal (Z_r)

Reliability (R) (%)	Standard Normal Deviate (Z_r)
(1)	(2)
50,00	- 0,000
60,00	- 0,253
70,00	- 0,524
75,00	- 0,674
80,00	- 0,841
85,00	- 1,037
90,00	- 1,282
91,00	- 1,340
92,00	- 1,405
93,00	- 1,476
94,00	- 1,555
95,00	- 1,645
96,00	- 1,751
97,00	- 1,881
98,00	- 2,054
99,00	- 2,327
99,90	- 3,090
99,99	- 3,750

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

AASHTO 1986 memberikan nilai untuk menentukan besarnya gabungan kesalahan prediksi lalu lintas dan tanah dasar atau simpangan baku keseluruhan (S_o) sebagai berikut :

- a. prediksi lalu lintas dipertimbangkan, $S_o = 0,44$,
- b. prediksi lalu lintas tidak dipertimbangkan, $S_o = 0,49$, dan
- c. besaran nilai, $S_o = 0,40 - 0,50$

3.3.2.4 Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi masa pelayanan jalan. Faktor perubahan kadar air pada tanah berbutir halus memungkinkan tanah tersebut akan

mengalami pengembangan ("Swelling"), yang mengakibatkan kondisi daya dukung tanah dasar menurun. Besarnya pengembangan dapat diperkirakan dari nilai indeks plastis tanah tersebut.

Pengaruh perubahan musim, perbedaan temperatur, kerusakan akibat lelahnya bahan, sifat material yang dipergunakan, dapat mempengaruhi umur pelayanan jalan. Besarnya penurunan indeks permukaan akibat pengembangan merupakan fungsi dari tingkat pengembangan ("Swell Probability"/Ps) dan besarnya potensi merembes ke atas ("Potential Vertical Rise"/Vr) yang diberikan dalam bentuk Persamaan 3.17 berikut ini.

$$PSI_{\text{swell}} = 0,00335 \cdot Vr \cdot Ps \cdot (1 - e^{-\theta t}) \dots\dots\dots (3.17)$$

dengan :

PSI_{swell} = perubahan indeks permukaan akibat pengembangan tanah dasar,

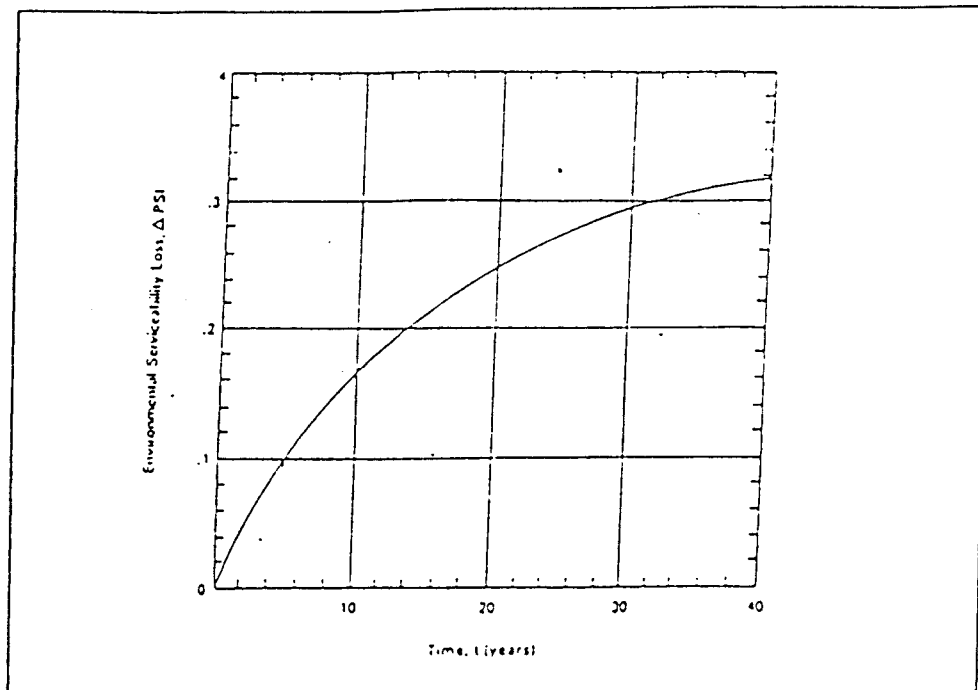
Vr = besarnya potensi merembes keatas, dinyatakan dalam inch, dapat dilihat pada Lampiran 15,

Ps = probalitas pengembangan, dinyatakan dalam persen,

θ = tingkat pengembangan tetap, dan

t = jumlah tahun yang ditinjau, dihitung dari saat jalan tersebut dibuka untuk umum.

Besarnya penurunan akibat pengembangan digambarkan dalam bentuk grafik, yang merupakan hubungan antara waktu (jumlah tahun) dan besarnya penurunan. Besarnya penurunan tersebut dapat dilihat pada contoh dalam Gambar 3.4 dan untuk selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 21.



Gambar 3.4 Grafik Hubungan Antara PSI_{Swell} dengan Jumlah Tahun
 Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

3.3.2.5 Kriteria Kinerja Jalan

Kinerja jalan yang diharapkan dinyatakan dalam nilai indeks permukaan (IP) pada awal umur rencana (IPo) dan pada akhir umur rencana (IPt).

Konsep yang digunakan AASHTO dalam menyatakan kekuatan dan kerataan suatu permukaan jalan adalah berdasarkan kerusakan yang terjadi pada ruas jalan, sehingga tingkat pelayanan jalan menurun. Angka yang menyatakan tingkat kekuatan dan kerataan permukaan jalan selanjutnya disebut sebagai Nilai Indeks Permukaan ("Present Serviceability Index"/PSI).

Jalan yang baru dibuka untuk melayani beban lalu lintas, biasanya mempunyai tingkat pelayanan tinggi. Lambat laun kondisi permukaan jalan akan menurun akibat beban lalu lintas berulang yang harus diterima lapis permukaan jalan. Pengaruh lingkungan yang kurang baik, akan mempercepat penurunan tersebut. Untuk jelasnya, dapat dilihat pada Lampiran 22.

PSI yang diberikan oleh AASHTO 1986 berkisar antara 0 – 5, yang ditentukan oleh jenis lapis permukaan dan kelas jalan. Pada jalan yang baru dibuka untuk lalu lintas, $I_{Po} = 4,2$. Dalam waktu yang tertentu, $I_{Po} = 4,2$ tersebut akan mengalami penurunan sampai mencapai Indeks Permukaan Terminal (IPT) 2,5 atau 2.

3.3.2.6 Modulus Resilien Tanah Dasar (M_r)

Kekuatan daya dukung tanah pada suatu ruas jalan tidak tersebar secara merata di sepanjang ruas jalan, sehingga diperlukan suatu penyeragaman. Nilai daya dukung tanah ditetapkan berdasarkan nomogram korelasi terhadap berbagai cara pengujian, seperti : CBR, "R-Value" dan "Group Index". Untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah dengan menggunakan nomogram, masing-masing cara langsung dikorelasikan pada skala yang menyatakan nilainya. Nomogram tersebut dapat dilihat pada Lampiran 14.

Penentuan ukuran elastisitas untuk tanah dasar dinyatakan dengan Modulus Resilien Tanah Dasar (M_r) yang dapat diperoleh dari pemeriksaan AASHTO T.274 atau korelasi dengan nilai CBR dengan Persamaan 3.18 berikut ini.

$$M_r = 1500 \cdot \text{CBR (Psi)} \dots\dots\dots (3.18)$$

Pemeriksaan M_r sebaiknya dilakukan selama 1 tahun penuh, sehingga dapat diperoleh besarnya M_r sepanjang musim dalam 1 tahun . Besarnya kerusakan relatif dari setiap kondisi tanah dasar dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.19 berikut ini.

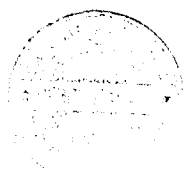
$$u = 1,18 \cdot 10^8 \cdot M_r^{-2,32} \dots\dots\dots (3.19)$$

dengan :

u = kerusakan relatif, dan

M_r = modulus resilien, dinyatakan dalam Psi.

Modulus resilien efektif untuk tanah dasar yang dipergunakan dalam perencanaan tebal lapis keras lentur adalah harga korelasi yang diperoleh dari



kerusakan relatif rata-rata dalam setahun.

3.3.2.7 Faktor Drainasi

Sistem drainasi jalan sangat mempengaruhi kriteria kinerja jalan, termasuk tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh atau terdapat pada struktur lapis keras bersama beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan.

AASHTO 1986 membagi kualitas drainasi menjadi lima tingkat seperti yang tercantum dalam Tabel 3.16 berikut ini.

Tabel 3.16 Kualitas Drainasi Jalan Metode AASHTO 1986

Kualitas Drainasi	Waktu yang Dibutuhkan untuk Meringkakan Air
(1)	(2)
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Cukup	1 minggu
Buruk	1 bulan
Buruk sekali	Air tidak mungkin dikeringkan

Sumber : AASHTO. Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Berdasarkan kualitas drainasi pada lokasi jalan tersebut dapat ditentukan koefisien drainasi (m) dari lapis keras lentur. AASHTO 1986 memberikan daftar koefisien drainasi seperti yang terdapat dalam tabel 3.17 berikut ini.

Tabel 3.17 Koefisien Drainasi (m) Metode AASHTO 1986

Kualitas Drainasi	Persen Waktu Lapis Keras Dalam Keadaan Lembab Jenuh			
	< 1	1 - 5	5 - 25	> 25
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Baik sekali	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,23	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Cukup	1,15 - 1,05	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Buruk	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Buruk sekali	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Sumber : AASHTO. Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Grafik yang menunjukkan angka koefisien drainasi (m) dapat dilihat pada Lampiran 16

3.3.2.8 Penentuan "Structural Number" (SN)

"Structural Number" (SN) disebut juga sebagai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) yang merupakan suatu besaran untuk penentuan tebal lapis keras lentur.

SN dipengaruhi oleh kekuatan bahan penyusunnya (a). Untuk bahan perkerasan dengan aspal, nilainya ditetapkan dengan "Marshall Stability", bahan perkerasan dengan semen atau kapur ditetapkan dengan "Triaxial Test" (kuat tekan) dan bahan lapis pondasi ditetapkan dengan nilai CBR ("California Bearing Ratio"). Besarnya nilai koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan dapat dilihat pada Tabel 3.18 berikut ini.

Tabel 3.18 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan AASHTO 1986

Layer (1)	Pavement Component (2)		Coefficient (3)
Surface Course	Road Mix (Low Stability)		0,20
	Plant Mix (High Stability)		0,44
	Sand Asphalt		0,40
Base Course	Sand Gravel		0,07
	Crushed Stone		0,14
	Cement Treated (No Soil Cement), Compressive Strength @ 7 Days	650 Psi or more (4,48 Mpa)	0,23
		400 to 650 Psi (2,76 – 4,48 Mpa)	0,20
		400 Psi or less (0,76 Mpa)	0,15
	Bituminous Treated	Coarse Graded	0,34
		Sand Asphalt	0,30
Lime Treated	0,16 – 0,30		
Sub Base Course	Sand Gravel		0,11
	Sand or Sandy Clay		0,05 – 0,10

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Selain nilai kekuatan relatif bahan yang disebutkan di atas, AASHTO 1986 memberikan nomogram untuk menentukan nilai koefisien kekuatan relatif bahan lapis keras. Nilai yang diperoleh dengan menggunakan nomogram tersebut, mendekati sama dengan nilai dari hasil penelitian yang dilakukan AASHTO seperti yang terdapat pada Tabel 3.18 tersebut. Nomogram untuk menentukan koefisien kekuatan relatif bahan lapis keras dapat dilihat pada Lampiran 13.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis permukaan (a_1) untuk Laston ("Asphalt Concrete"), dapat ditentukan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Lampiran 13, yang didasarkan pada modulus elastis ("Resilient") Laston pada suhu 68°F dengan nilai lebih besar dari 450.000 Psi.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi atas/"Granular Base Layers" (a_2), dapat ditentukan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Lampiran 13. Sebagai pengganti nilai hasil uji laboratorium, dapat digunakan Persamaan 3.20 berikut ini.

$$a_2 = 0,249 \cdot \text{Log}_{\text{EBS}} - 0,977 \quad \dots\dots\dots (3.20)$$

dengan :

a_2 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas, dan

EBS = modulus elastis/modulus resilien lapis pondasi atas.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi bawah/"Granular Sub Base Layers" (a_3), dapat ditentukan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Lampiran 13. Sebagai pengganti nilai hasil uji laboratorium, dapat digunakan Persamaan 3.21 berikut ini.

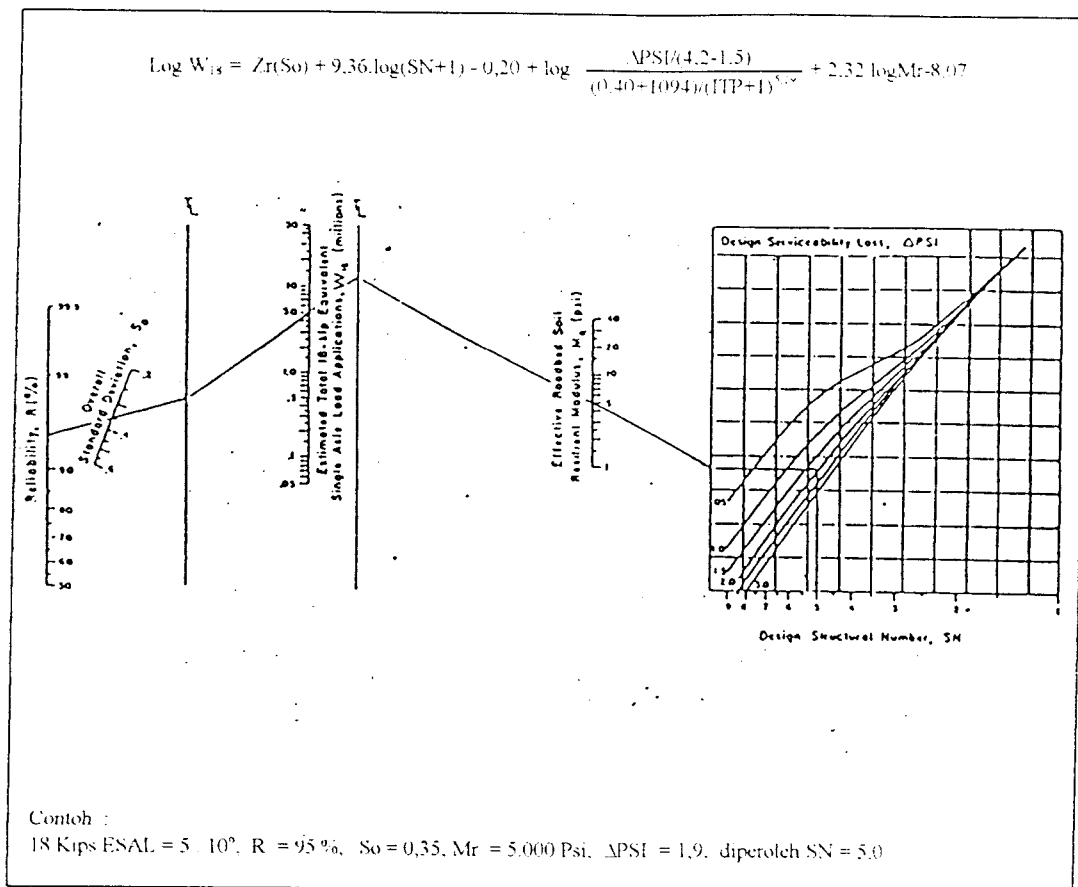
$$a_3 = 0,227 \cdot \text{Log}_{\text{ESB}} - 0,839 \quad \dots\dots\dots (3.21)$$

dengan :

a_3 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah, dan

ESB = modulus elastis/modulus resilien lapis pondasi bawah.

Penentuan SN untuk tahap pertama dalam perencanaan tebal lapis keras lentur jalan adalah dengan mempergunakan nomogram seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Nomogram Penentuan ITP Metode AASHTO 1986

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

SN dengan asumsi tidak terjadi penurunan IP akibat "Swelling" (SN untuk umur kinerja jalan adalah maksimum). Terjadinya penurunan IP akibat "Swelling" menyebabkan umur kinerja jalan berkurang, sehingga tidak lagi sama dengan umur kinerja jalan maksimum. Cara memperkirakan umur kinerja jalan akibat beban lalu lintas dan pengembangan ("Swelling") adalah dengan "Trial and Error" berikut ini.

1. memperkirakan umur kinerja jalan ("Performance Period") akibat beban lalu lintas dan pengembangan sebesar a tahun (besarnya lebih kecil dari umur kinerja jalan maksimum),
2. menentukan besarnya penurunan IP (ΔPSI_{swell}) selama a tahun dengan menggunakan persamaan atau grafik yang diperoleh pada Langkah 3.3.2.4,

- menentukan besarnya penurunan IP (ΔPSI_{TR}) akibat beban lalu lintas dan pengembangan ("Swell") selama umur kinerja jalan berdasarkan Persamaan 3.22 berikut ini.

$$\Delta PSI_{TR} = IP_o - IP_t - \Delta PSI_{swell} \text{ (Langkah 2) } \dots\dots\dots (3.22)$$

- menentukan 18 Kips ESAL dengan menggunakan nomogram pada Gambar 3.5. Semua parameter lain sama dengan yang dipergunakan pada Langkah 3.3.2.8, kecuali untuk ΔPSI yang sama dengan hasil langkah 3,
- menentukan berapa lama besarnya 18 Kips ESAL pada langkah 4 dengan persamaan pada Langkah 3.3.2.2. Angka yang diperoleh pada Langkah 5 ini harus mendekati hasil pada Langkah 1. Jika terdapat perbedaan yang besar, maka iterasi harus dilanjutkan sampai hasil yang diperoleh pada Langkah 5 mendekati perkiraan pada Langkah 1.

Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan langkah seperti contoh dalam Tabel 3.19 dan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 23.

Tabel 3.19 Perhitungan Umur Kinerja Jalan Metode AASHTO 1986

ITP awal		=		
Umur Kinerja Jalan Maksimum		=		
IP perencanaan		=	$IP_o - IP_t$	=
					Tahun langkah 3
Iterasi No	Perkiraan umur kinerja jalan	IP_{swell}	IP akibat beban lalu lintas	AE18KSAL (18 Kips ESAL)	Perkiraan umur kinerja jalan (tahun)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Langkah 1	Langkah 2	Langkah 2 dan 3	Pergunakan grafik gambar 3.5	Pergunakan grafik langkah 2 = 5
Iterasi 2 dan seterusnya, dilakukan sampai mencapai langkah 1 \approx langkah 5					

Sumber : AASHTO. Guide For Design Of Pavement Structures. 1986

3.3.2.9 Batas Minimum Tebal Lapis Keras

AASHTO 1986 memberikan batas-batas minimum tebal lapis keras lentur seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.20 berikut ini.

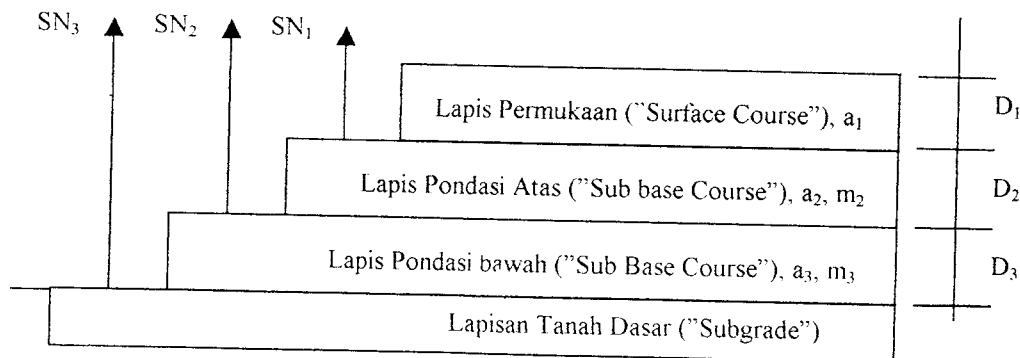
Tabel 3.20 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Keras Lentur Metode AASHTO 1986

Traffic (ESAL) (1)	Asphalt Concrete (2)	Agregate Base (3)
< 0.000	1,0" (Or Surface Treatment)	4"
50.001 – 150.000	2,0"	4"
150.001 – 500.000	2,5"	4"
500.001 – 2.000.000	3,0"	6"
2.000.001 – 7.000.000	3,5"	6"
> 7.000.000	4,0"	6"

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

3.3.10 Pemilihan Jenis Lapisan Lapis Keras

Pemilihan jenis lapisan lapis keras yang akan digunakan adalah dengan menentukan besarnya koefisian relatif dan modulus resilien dari lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang akan dipergunakan seperti dalam Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Struktur Lapis Keras Lentur Metode AASHTO 1986

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Penentuan tebal lapisan lapis keras lentur adalah dengan menggunakan Persamaan 3.23 sampai 3.27 berikut ini.

$$D_1^* \geq SN_1/a_1 \dots\dots\dots (3.23)$$

$$SN_1^* = a_1 \cdot D_1^* \geq SN_1 \quad \dots \quad (3.24)$$

$$D_2^* \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad \dots \quad (3.25)$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \quad \dots \quad (3.26)$$

$$D_3^* \geq [SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)] / (a_3 \cdot m_3) \quad \dots \quad (3.27)$$

dengan :

a = koefisien kekuatan relatif bahan masing-masing lapisan,

D = tebal masing-masing lapisan,

m = koefisien drainasi masing-masing lapisan,

D* dan SN* = nilai yang sebenarnya digunakan, dapat sama atau lebih besar dari nilai yang diperlukan.

Bagan alir perencanaan tebal lapis keras lentur dengan metode AASHTO 1986 dapat dilihat pada Lampiran 7, sedangkan nomogram untuk penentuan tebal lapis keras lentur dapat dilihat pada Lampiran 12.

BAB IV

METODOLOGI ANALISIS

4.1 Metode Analisis

Analisis yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini merupakan suatu analisis tentang tebal lapis keras lentur ruas Jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) sepanjang 3.200 meter ke arah Timur Yogyakarta sampai Km 12 (STA 12+000), untuk masa pelayanan beban lalu lintas sepuluh tahun mendatang, menggunakan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986.

Penggunaan Metode Bina Marga 1987 dalam analisis ini dengan pertimbangan metode ini merupakan standar perencanaan lapis keras lentur jalan raya di Indonesia, sedangkan Metode AASHTO 1986 karena metode ini banyak digunakan dan diacu oleh berbagai negara, termasuk Indonesia dengan penyesuaian ke dalam situasi dan kondisi lapangan di Indonesia.

4.1.1 Metode Penentuan Subyek

Penentuan subyek adalah mencari variabel atau hal lain yang dapat dijadikan sasaran dan perbandingan dalam analisis. Dalam Tugas Akhir ini, beberapa subyek yang dijadikan sasaran adalah yang berkaitan dengan tebal lapis keras lentur jalan, yaitu : lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dan tanah dasar. Komponen lain yang berpengaruh terhadap subyek tersebut adalah : beban lalu lintas dan pertumbuhan lalu lintas.

4.1.2 Studi Pustaka

Studi pustaka diperlukan sebagai acuan analisis setelah subyek ditentukan. Studi pustaka merupakan landasan teori bagi analisis yang mengacu pada buku-buku,

pendapat dan teori-teori yang berhubungan dengan analisis. Studi pustaka yang digunakan dalam analisis ini dijelaskan dalam bab tersendiri.

4.1.3 Metode Pengumpulan Data

Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986, memerlukan suatu metode inventarisasi terhadap data yang berhubungan dengan analisis. Data tersebut sebagai alat bantu primer dan sekunder untuk memprediksi kemampuan lapis keras lentur dalam mendukung beban lalu lintas sepuluh tahun mendatang.

Inventarisasi data dalam analisis ini dibagi dalam dua bagian berikut ini.

1. Data Primer

Data primer diperoleh dengan cara mengamati, mengobservasi lapangan atau lokasi analisis secara langsung, meliputi hal-hal berikut ini.

- a. volume beban lalu lintas,
- b. kondisi lapis keras,
- c. komposisi beban lalu lintas, dan
- d. distribusi arah pada jalur jalan.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dengan cara mengumpulkan data yang merujuk dari instansi terkait, seperti : Dinas Pekerjaan Umum Propinsi DIY, Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya Propinsi DIY, Stasiun Meteorologi dan Geofisika Adi Sucipto Yogyakarta serta pihak-pihak lain yang berhubungan dengan analisis.

Data sekunder yang digunakan dalam analisis ini antara lain :

- a. fungsi jalan,
- b. geometrik lapis keras,
- c. umur rencana jalan,

- d. kinerja lapis keras jalan,
- e. bahan lapis keras jalan,
- f. tanah dasar,
- g. drainasi jalan,
- h. pertumbuhan lalu lintas,
- i. volume beban lalu lintas sekunder, dan
- j. kondisi lingkungan,

4.1.4 Metode Analisis Data

Data yang telah terkumpul selanjutnya dilakukan proses analisis dan perhitungan berdasarkan Metode Bina Marga 1987 (Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, UDC : 625.73 (02)) dan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986).

4.2 Cara Melakukan Analisis di Lapangan

Kegiatan analisis di lapangan dititikberatkan untuk pengumpulan data beban lalu lintas kendaraan yang melintasi ruas jalan, termasuk jenis, klasifikasi dan komposisi beban kendaraan dengan melakukan survai di lapangan.

Survai dilakukan dengan menggunakan formulir data beban lalu lintas. Formulir ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan volume beban lalu lintas terbesar, yang cukup menggambarkan fluktuasi arus beban lalu lintas dalam satu tahun dari satu titik pengamatan pada ruas jalan, untuk arah ke Yogyakarta dan ke arah Prambanan.

Semua beban kendaraan dihitung dan dibedakan menurut jenis kendaraan yang mengacu dari Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga, Propinsi DIY serta Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya, Propinsi DIY, berikut ini.

- a. Golongan I : mobil penumpang, yang termasuk dalam golongan ini adalah : sedan, jeep, "Stasion Wagon", mobil penumpang, pickup, kombinasi dan mini bus,

- b. Golongan II : bus, yang termasuk dalam golongan ini adalah : bus kecil, bus sedang dan bus besar,
- c. Golongan III : truk 2 as, yang termasuk dalam golongan ini adalah : truk ringan,
- d. Golongan IV : truk 2 as, yang termasuk dalam golongan ini adalah : truk berat,
- e. Golongan V : truk 3 as, yang termasuk dalam golongan ini adalah : truk tandem (tronton),
- f. Golongan VI : trailer 3 as, yang termasuk dalam golongan ini adalah : truk semi trailer menengah,
- g. Golongan VII : trailer 4 as, yang termasuk dalam golongan ini adalah : truk semi trailer berat dan truk peti kemas, dan
- h. Golongan VIII : trailer 4 as, yang termasuk dalam golongan ini adalah : truk gandeng.

Formulir survai beban lalu lintas primer selanjutnya diproses dengan melakukan konversi dari satuan kendaraan ke satuan beban sumbu tunggal, yang mengacu dari Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No.01/MN/B/1983 dari Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum. Untuk lebih jelasnya, contoh formulir survai beserta hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 8.

4.3 Lokasi Analisis

Lokasi analisis diambil pada ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12. Tepatnya dimulai dari pertigaan Maguwoharjo (pertemuan jalan dengan Jalan Arteri Lingkar Utara) pada STA 8+800 ke arah Timur Yogyakarta, sampai pada pertemuan jalan dengan Jembatan Ngebruk pada STA 12+000. Titik pengamatan diambil pada

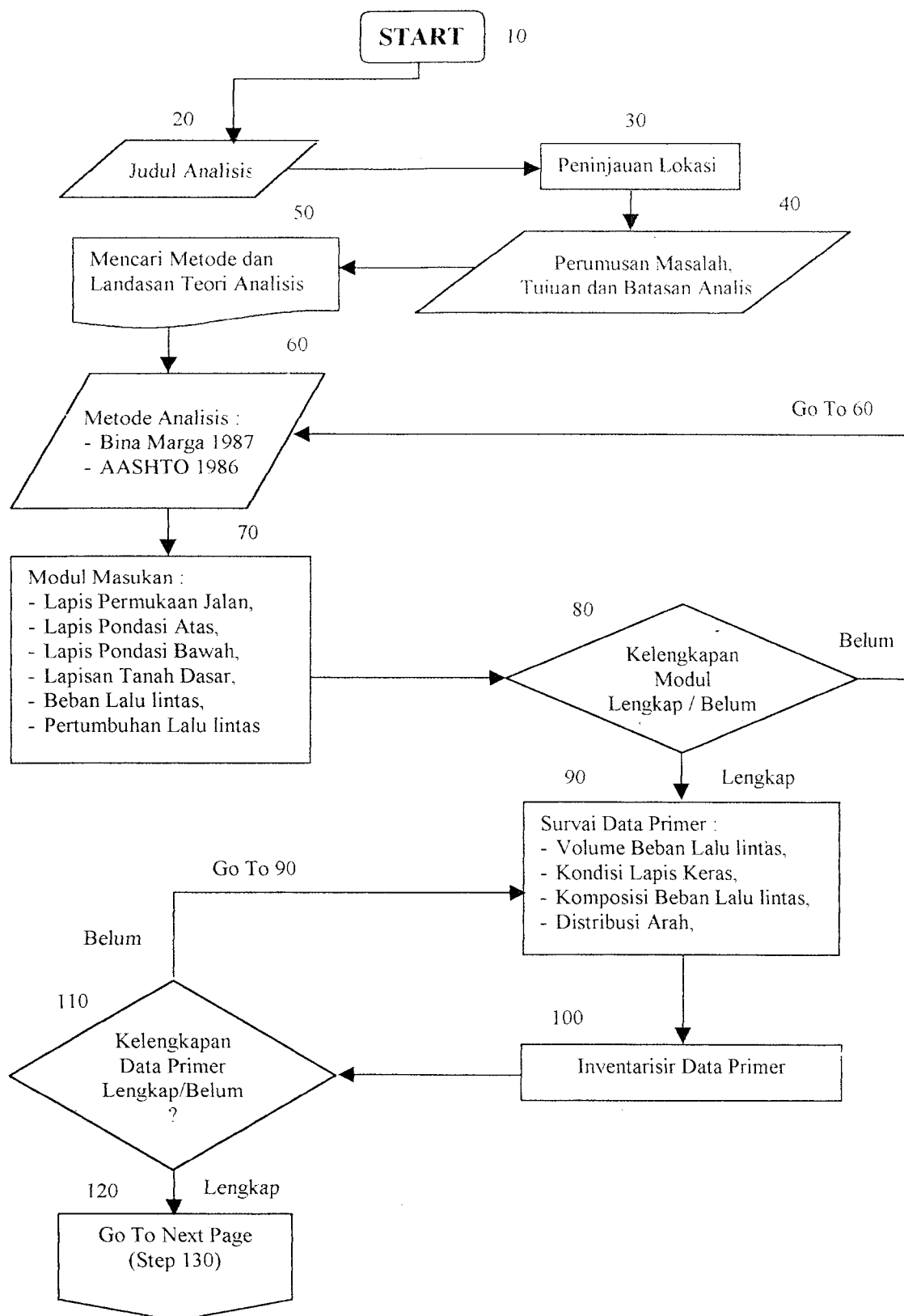
STA 11+000 (Jalan Solo Km 11) dari arah Yogyakarta, dengan panjang segmen efektif analisis 3.200 meter. Lokasi analisis dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Lampiran 5.

4.4 Waktu Pengamatan

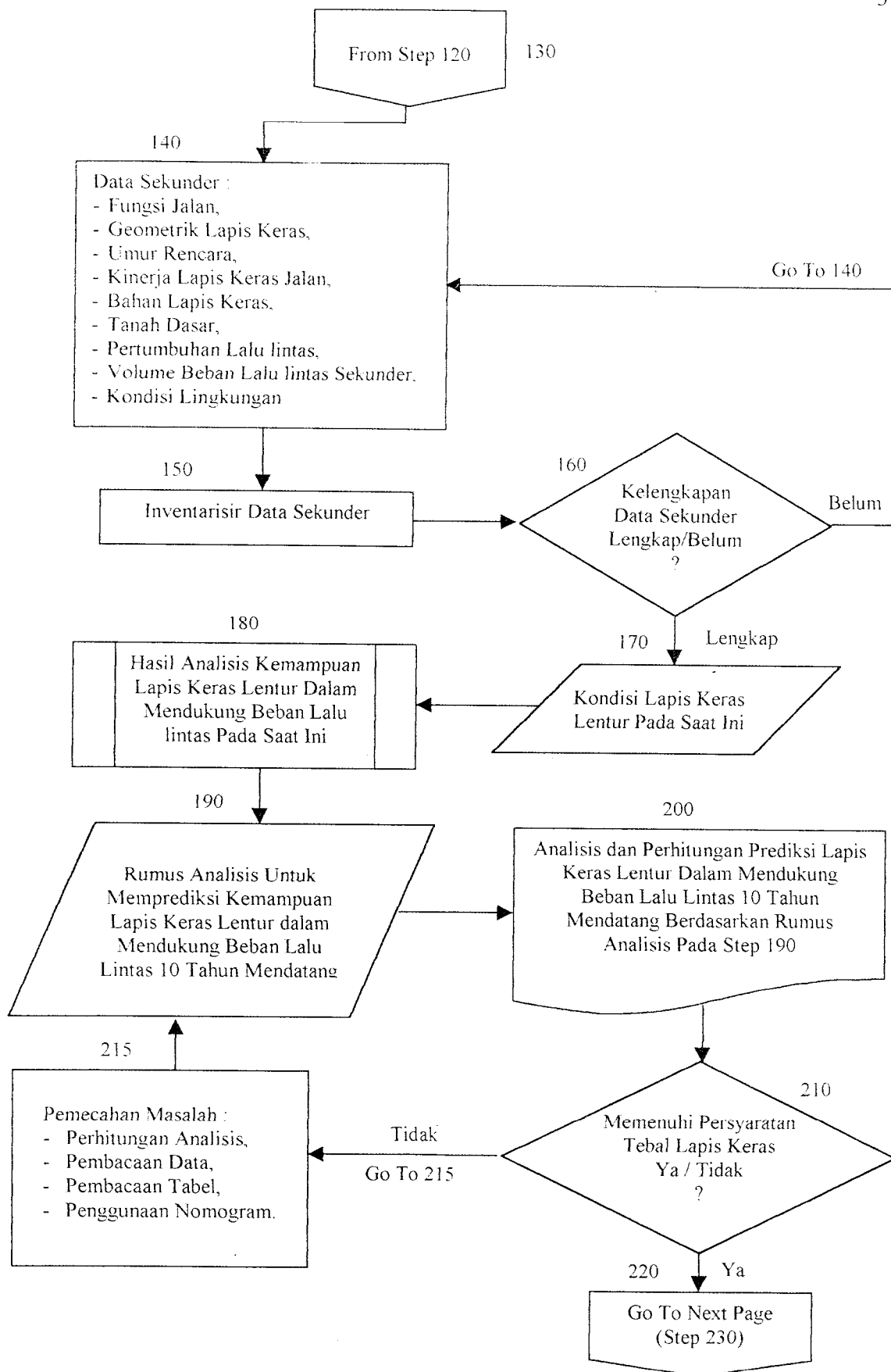
Pencatatan dan penghitungan volume beban lalu lintas kendaraan dilakukan terhadap kendaraan yang melintasi ruas jalan untuk arah masuk (menuju Yogyakarta) dan arah keluar (menuju Prambanan/Solo). Pencatatan dan penghitungan volume beban lalu lintas dilakukan selama 3 hari sibuk anggapan, yaitu : pada hari Senin (tanggal 19 April 1999), hari Jumat (tanggal 23 April 1999) dan hari Sabtu (tanggal 24 April 1999), selama 24 jam pengamatan terus menerus yang dimulai pada pukul 06.00 BBWI.

4.5 Bagan Alir Analisis

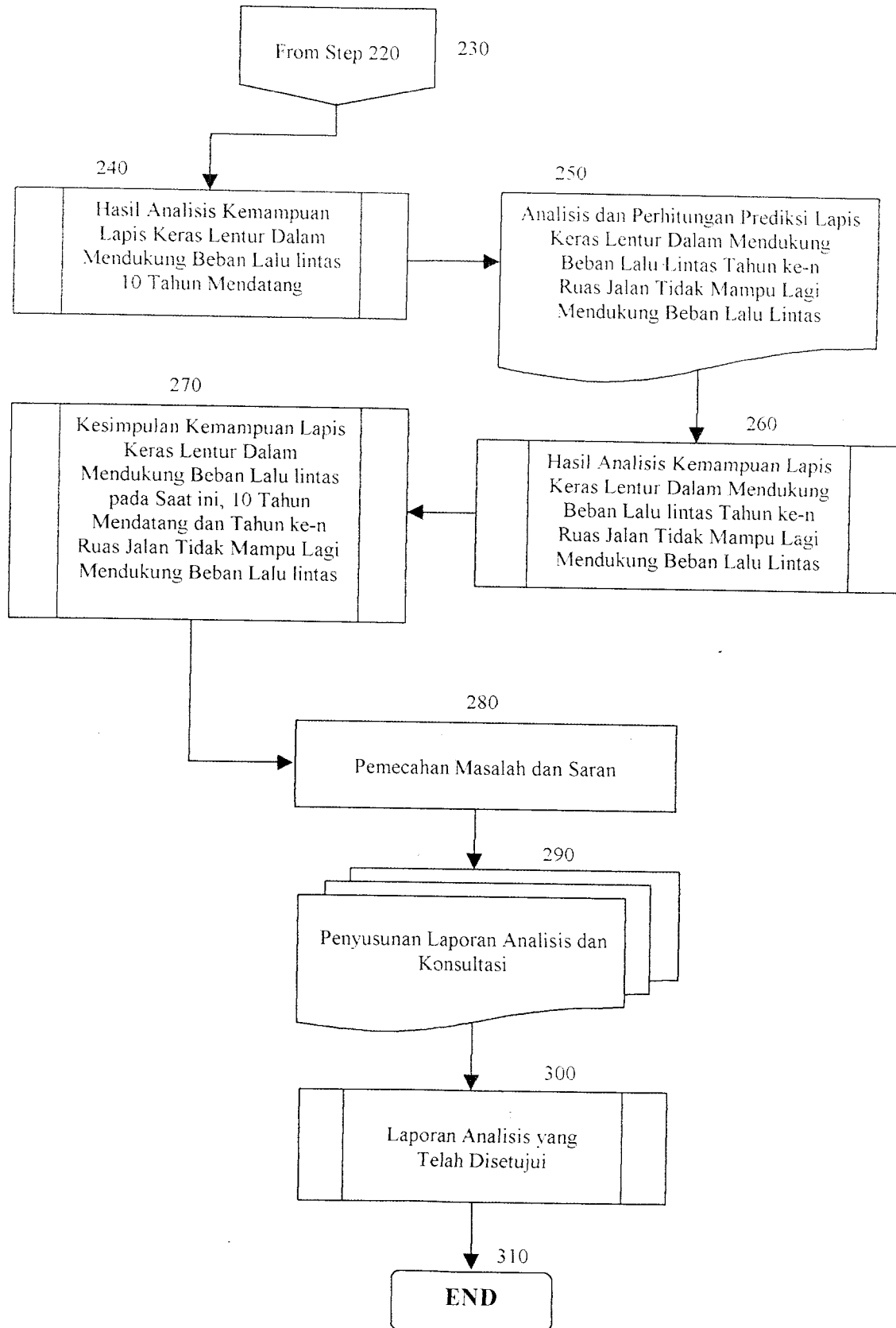
Analisis dalam Tugas Akhir ini direncanakan pelaksanaannya berdasarkan bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1.a Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986



Gambar 4.1.b Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986



Gambar 4.1.c Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Analisis tebal lapis keras lentur ruas Jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) sepanjang 3.200 meter ke arah Timur Yogyakarta sampai Km 12 (STA 12+000), dititikberatkan untuk memprediksi kemampuan lapis keras lentur ruas jalan dalam mendukung beban lalu lintas untuk sepuluh tahun mendatang. Analisis dilakukan berdasarkan Metode Bina Marga 1987 (Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, UDC : 625.73 (02)) dan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986), yang termasuk metode empiris untuk melakukan perencanaan tebal lapis keras lentur.

Dalam analisis ini, diperlukan adanya data pendukung untuk mempermudah melakukan analisis seperti yang diuraikan berikut ini.

5.2 Hasil Pengumpulan Data

Data yang berkaitan dengan analisis dalam Tugas Akhir ini, dikumpulkan untuk memudahkan melakukan analisis yang dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu : data primer dan data sekunder. Berikut ini disajikan hasil pengumpulan data tersebut.

5.2.1 Data Primer

Data primer dalam analisis ini adalah data yang berhubungan langsung dengan lokasi analisis, yang meliputi hal-hal berikut ini.

1. Kondisi Lapis Keras

Kondisi lapis keras ruas jalan yang dianalisis adalah sebagai berikut :

- a. tipe jalan : jalan terbagi 2 jalur dengan median jalan,
- b. distribusi arah : jalan 2 jalur, 4 lajur dan 2 arah,
- c. lebar setiap jalur : 8,50 meter,
- d. lebar median jalan : 1,00 meter,
- e. panjang segmen jalan : 3.200 meter (efektif analisis),
- f. lebar bahu jalan : rata-rata 1,50 meter,
- g. kondisi medan : rata-rata lurus dan datar,
- h. pengaman tepi : kerb dan bahu jalan yang diperkeras,
- i. marka jalan : sudah terpasang,
- j. rambu lalu lintas : masih belum lengkap,
- k. drainasi jalan : selokan permanen terbuka dan tertutup, dan
- l. kondisi permukaan jalan : tergolong masih baik.

2. Beban Lalu Lintas Primer

Berbagai moda angkutan yang mempunyai karakteristik berlainan, berbaaur melintasi ruas jalan. Moda angkutan tersebut terdiri dari :

- a. kendaraan tidak bermotor, seperti : sepeda, becak, andong, dokar dan gerobak,
- b. sepeda motor, baik yang beroda dua maupun tiga, dengan berbagai merek dan jenisnya,
- c. kendaraan ringan, seperti : kendaraan pribadi (sedan, jeep, mini bus/"Stasion Wagon"), mobil angkutan penumpang (taksi, mikro bus) dan kendaraan angkutan barang (pick up, mikro truk, "Colt Box"), dan
- d. kendaraan berat, yang didominasi oleh truk dan bus, seperti : bus kota, bus antar kota, bus pariwisata, truk 2 as, truk 3 as dan truk gandeng/trailer.

Pencacahan dilakukan terhadap kendaraan-kendaraan tersebut berdasarkan klasifikasi kendaraan dari Dinas Pekerjaan Umum Propinsi DIY serta Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya Propinsi DIY. Jenis kendaraan (a) dan (b) diabaikan, mengingat beratnya yang sangat ringan.

Konfigurasi dan distribusi beban yang digunakan berdasarkan Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No.01/MN/B/1983 dari Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum (Tabel 2.2).

Pengamatan dan pencacahan kendaraan dilakukan selama 3 hari, yaitu : pada hari Senin (tanggal 19 April 1999), hari Jumat (tanggal 23 April 1999) dan hari Sabtu (tanggal 24 April 1999), selama 24 jam terus menerus dengan mengambil lokasi pada Jalan Solo Km 11 (STA 11+000) dari arah Yogyakarta, yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 sampai Tabel 5.3 . Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8.

**Tabel 5.1 Hasil Survai Volume Beban Lalu Lintas pada Hari Senin
Tanggal 19 April 1999 Arah Ke Yogyakarta dan Prambanan**

Arah	Golongan Kendaraan								Total (Kend/hr/1 Arah)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Ke Yogyakarta	6101	1163	921	218	75	40	20	73	8611
Ke Prambanan	5983	1043	920	196	73	24	22	29	8290
Total	12084	2206	1841	414	148	64	42	102	16901

**Tabel 5.2 Hasil Survai Volume Beban Lalu Lintas pada Hari Jumat
Tanggal 23 April 1999 Arah Ke Yogyakarta dan Prambanan**

Arah	Golongan Kendaraan								Total (Kend/hr/1 Arah)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Ke Yogyakarta	5824	1119	889	232	89	37	37	69	8296
Ke Prambanan	5792	1243	802	190	79	37	29	22	8194
Total	11616	2362	1691	422	168	74	66	91	16490

**Tabel 5.3 Hasil Survai Volume Beban Lalu Lintas pada Hari Sabtu
Tanggal 24 April 1999 Arah Ke Yogyakarta dan Prambanan**

Arah	Golongan Kendaraan								Total (Kend/hr/1 Arah)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Ke Yogyakarta	6019	1264	925	280	91	58	39	89	8765
Ke Prambanan	5892	1252	841	271	84	24	28	49	8441
Total	11911	2516	1766	551	175	82	67	138	17206

5.2.2 Data Sekunder

Data sekunder dalam analisis ini adalah data yang berfungsi sebagai pendukung dalam menganalisis permasalahan, baik yang berhubungan langsung maupun tidak. Data sekunder diperoleh dari hasil wawancara, penyalinan, pengkopian data maupun pengamatan langsung di lokasi.

Pengumpulan data sekunder dalam analisis ini, melalui pustaka dan merujuk dari instansi yang terkait, yaitu : Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya Propinsi DIY, Dinas Pekerjaan Umum Sub Dinas Bina Marga Propinsi DIY serta Stasiun Meteorologi dan Geofisika Adi Sucipto Yogyakarta.

Data sekunder yang diperoleh meliputi hal-hal berikut ini.

1. Volume Beban Lalu Lintas Sekunder

Data volume beban lalu lintas sekunder dalam analisis ini diperoleh dari Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya Propinsi DIY, yang dilakukan pada tanggal 24 Maret 1990 selama 24 jam pengamatan.

Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.4 dengan penggolongan kendaraan berdasarkan Langkah 4.2, untuk selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tabel 5.4 Data Volume Beban Lalu Lintas Sekunder Ruas Jalan Solo – Prambanan pada Hari Sabtu, Tanggal 24 Maret 1990

Arah	Golongan Kendaraan								Total (Kend/hr/1 Arah)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Ke Yogyakarta	4486	1005	622	91	73	35	11	32	6355
Ke Prambanan	4177	980	668	210	72	18	14	32	6171
Total	8663	1985	1290	301	145	53	25	64	12526

Sumber : Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya Propinsi DIY. 1990

2. Konfigurasi Kendaraan

Penentuan konfigurasi masing-masing sumbu kendaraan, nilai ekivalen beban sumbu kendaraan dan distribusi beban kendaraan, dalam analisis ini dilakukan berdasarkan acuan yang diberikan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat

Jendral Bina Marga dalam Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No. 01/MN/B/1983, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

3. Bahan Lapis Keras

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga, Propinsi DIY, bahan lapis keras yang digunakan pada ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 diperoleh melalui hasil pengujian laboratorium. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 10.

Tabel 5.5 Data Hasil Pengujian Laboratorium Bahan Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12

Lapisan Perkerasan	Jenis	Material	Stab. Marshall (Kg)	CBR 95% D _{Maks} (%)	CBR 100% D _{Maks} (%)	w _{Opt} (%)	BJ (Ton/m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Lapis Permukaan AC	Laston ("Asphalt Concrete")	AC ₆₀₋₇₀	802	-	-	-	1,0221
Lapis Permukaan ATB	Laston ("Asphalt Concrete")	AC ₆₀₋₇₀	1139	-	-	-	1,0221
Lapis Pondasi Atas	Agregat Kelas A ("Crushed Stone")	Batu Pecah, Sirtu	-	78	99	6,1	2,5240
Lapis Pondasi Bawah	Agregat Kelas B ("Sand Gravel")	Batu Pecah, Sirtu	-	31	65	7,1	2,5260
Tanah Dasar	Tanah Padat	Tanah Padat	-	2	5,4	12,2	1,5630

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga, Propinsi DIY, 1997

4. Kondisi Lingkungan

Menurut Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga, Propinsi DIY, ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 termasuk dalam golongan medan datar dan lurus dengan kelandaian tidak lebih dari 6 %.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi dan Geofisika Adi Sucipto Yogyakarta, ruas jalan ini terletak pada koordinat 74°7' LS dan 108°36' BT yang beriklim tropis dengan data curah hujan seperti yang terlihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Data Iklim Lokasi Analisis

No.	Bulan	Curah Hujan	Suhu	Sinar Matahari	Kelembaban	Kec. Angin
		(mm)	°C	%	%	Km/hari
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Januari	365	25,7	48,2	86,1	152
2	Pebruari	326	25,7	58,2	83,6	161
3	Maret	326	26,0	44,8	86,9	149
4	April	153	26,5	59,9	82,8	122
5	Mei	126	26,3	58,8	83,6	113
6	Juni	49	25,7	51,0	81,2	116
7	Juli	25	25,2	59,9	80,4	131
8	Agustus	22	25,5	58,2	77,9	146
9	September	34	26,0	56,0	77,9	152
10	Oktober	101	26,5	59,9	80,4	161
11	November	172	26,5	59,9	82,8	149
12	Desember	262	26,0	53,2	83,3	158
	Rata-Rata	1938	26,0	56,0	82,0	143

Sumber : Stasiun Meteorologi dan Geofisika, Adi Sucipto, Yogyakarta, 1996

5. Geometrik Lapis Keras

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sub Dinas Bina Marga, Propinsi DIY, ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 mempunyai geometrik lapis keras berikut ini.

- a. panjang jalan : 3200 meter (efektif analisis),
- b. kecepatan rencana : 60 Km/jam,
- c. jumlah jalur : 2 jalur,
- d. jumlah lajur : 4 lajur,
- e. lebar jalur : 8,5 meter untuk 1 jalur.
- f. lebar median : 1 meter,
- g. lebar bahu jalan : 1,5 meter,
- h. damija : 30 meter,
- i. lapis permukaan : AC setebal 4 cm dan ATB setebal 5 cm,
- j. lapis pondasi atas : agregat kelas A setebal 20 cm padat, dan
- k. lapis pondasi bawah : agregat kelas B setebal 30 cm padat,

Kondisi geometrik lapis keras ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

6. Data Pendukung

Data sekunder lainnya yang digunakan dalam analisis ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga Propinsi DIY, sebagai berikut :

- a. klasifikasi jalan, arteri primer,
- b. jenis lapis keras, lapis keras lentur ("Flexible Pavement"),
- c. kinerja lapis keras, tingkat pelayanan jalan pada saat ini tergolong baik, pada saat jalan baru dibuka, $IPo \geq 4$,
- d. umur rencana jalan, untuk jalan baru digunakan 20 tahun, sedangkan untuk peningkatan jalan selama 10 tahun,
- e. pertumbuhan lalu lintas, rata-rata sebesar 5 %– 10 %,
- f. material yang tersedia :
 1. lapis permukaan, aspal keras/"Asphalt Cement"/AC (AC_{60-70} , AC_{40-50}), aspal cair dan aspal emulsi,
 2. lapis pondasi, agregat kelas A (batu pecah dan sirtu) dan agregat kelas B (batu pecah dan sirtu),
- g. reliabilitas dan simpangan baku, digunakan atas dasar ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 termasuk jalan arteri dengan fungsi rural, tingkat keandalan 75 % - 95 % dengan simpangan baku berkisar antara 0,4 – 0,5,
- h. drainasi jalan, sistem saluran permanen terbuka dan tertutup di sepanjang ruas jalan. Kualitas drainasi tergolong cukup baik. Jika terjadi hujan, air mampu dialirkan dan dikeringkan dalam waktu rata-rata 1 minggu, dengan tingkat kelembaban rata-rata > 25 %,
- i. nomogram lapis keras lentur, untuk Metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada Lampiran 11, sedangkan untuk Metode AASHTO 1986 dapat dilihat pada Lampiran 12.

5.3 Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan dilakukan setelah data yang berhubungan dengan analisis terkumpul. Acuan yang digunakan adalah Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1986.

5.3.1 Metode Bina Marga 1987

Analisis perhitungan dengan menggunakan Metode Bina Marga 1987 dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut ini.

1. Data Perhitungan

Data perhitungan yang digunakan dalam dalam analisis ini adalah seperti yang diuraikan berikut ini.

a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) diperlukan dalam analisis ini, mengingat LHR merupakan dasar acuan untuk menentukan tebal lapis keras lentur. Data LHR dalam analisis ini diperoleh dari hasil survai volume beban lalu lintas maksimum yang terjadi pada ruas jalan (hari Sabtu, tanggal 24 April 1999, arah ke Yogyakarta) serta data volume beban lalu lintas dari DLLAJR Propinsi DIY dan UGM (hari Sabtu, tanggal 24 Maret 1990, arah ke Yogyakarta). Data LHR tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.7.

b. Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas dalam analisis ini dimaksudkan untuk menentukan angka pertumbuhan lalu lintas (i) yang dapat dijadikan dasar untuk memprediksi arus beban lalu lintas yang akan datang, dalam analisis ini adalah 10 tahun mendatang.

Angka pertumbuhan lalu lintas (i) pada ruas jalan untuk masing-masing golongan kendaraan, ditentukan berdasarkan Persamaan 2.5 dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel 5.7 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.7 Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)
Analisis dengan Metode Bina Marga 1987**

Golongan Kendaraan	Arah Ke Yogyakarta		Arah Ke Prambanan	
	Tahun 1990	Tahun 1999	Tahun 1990	Tahun 1999
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I	4486	6019	4177	5892
II	1005	1264	980	1252
III	622	925	668	841
IV	91	280	210	271
V	73	91	72	84
VI	35	58	18	24
VII	11	39	14	28
VIII	32	89	32	49
Total	6355	8765	6171	8441

**Tabel 5.8 Angka Pertumbuhan Lalu Lintas Analisis dengan Metode
Bina Marga 1987 Untuk Masing-Masing Golongan Kendaraan**

Golongan Kendaraan	n	a	b	$i = ((b/a)^{1/n} - 1) \cdot 100\%$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I	9	4486	6019	3,32
II	9	1005	1264	2,58
III	9	622	925	4,51
IV	9	91	280	13,30
V	9	73	91	2,48
VI	9	35	58	5,77
VII	9	11	39	15,10
VIII	9	32	89	12,04
Total		6355	8765	3,64

c. Prediksi Beban Lalu Lintas

Prediksi beban lalu lintas ditentukan berdasarkan volume beban lalu lintas maksimum pada ruas jalan (Tabel 5.7), dengan pertumbuhan lalu lintas (i) awal umur rencana (Tabel 5.8) serta pertumbuhan lalu lintas (i) selama umur rencana yang ditentukan sebagai berikut :

$$i_{UR} = (3,32 + 2,58 + 4,51 + 13,30 + 2,48 + 5,77 + 15,10 + 12,04) / 8$$

$$= 59,1 / 8 = 7,39 \approx 7,5 \%$$

Angka pertumbuhan lalu lintas sebesar 7,5 % tersebut memenuhi ketentuan Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga, Propinsi DIY, yang memberikan

Tabel 5.9 Prediksi Beban Lalu Lintas Analisis dengan Metode Bina Marga 1987

Gol. Kend	i Awal UR (%)	i UR (%)	Prediksi Beban Lalu Lintas												
			Tahun Prediksi												
			1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
I	3,32	7,5	6019	6219	6686	7187	7726	8306	8928	9598	10318	11092	11923	12818	
II	2,58	7,5	1264	1297	1394	1499	1611	1732	1862	2002	2152	2313	2486	2673	
III	4,51	7,5	925	967	1040	1118	1201	1292	1388	1492	1604	1725	1854	1993	
IV	13,30	7,5	280	318	342	367	395	424	456	490	527	566	609	654	
V	2,48	7,5	91	94	101	108	116	125	134	144	155	167	179	193	
VI	5,77	7,5	58	62	66	71	77	82	89	95	102	110	118	127	
VII	15,10	7,5	39	45	49	52	56	60	65	70	75	81	87	93	
VIII	12,04	7,5	89	100	108	116	124	134	144	154	166	178	192	206	
Total			8765	9102	9786	10518	11306	12155	13066	14045	15099	16232	17448	18757	

g. Data Komponen Lapis Keras

Data komponen lapis keras yang digunakan dalam analisis dengan Metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada uraian berikut ini.

1. Lapis Permukaan ("Surface Course").

a. material Laston AC (Tabel 5.5),

1. koefisien kekuatan relatif bahan (a_{AC}) = 0,4 (Tabel 3.7),

2. tebal lapisan (D_{AC}) = 4 cm (Lampiran 4),

b. material Laston ATB (Tabel 5.5),

1. koefisien kekuatan relatif bahan (a_{ATB}) = 0,35 (Tabel 3.7),

2. tebal lapisan (D_{ATB}) = 5 cm (Lampiran 4),

c. lapis Laston AC dan ATB dijadikan satu lapis dengan penjabaran sebagai berikut :

ITP	$\frac{AC (a_{AC} = 0,4, D_{AC} = 4 \text{ cm})}{ATB (a_{ATB} = 0,35, D_{ATB} = 5 \text{ cm})}$	a_1, D_1, ITP_1
-----	---	-------------------

$$ITP = a_{AC} \cdot D_{AC} + a_{ATB} \cdot D_{ATB}$$

$$ITP_1 = a_1 \cdot D_1$$

$$ITP = ITP_1, \text{ maka : } a_{AC} \cdot D_{AC} + a_{ATB} \cdot D_{ATB} = a_1 \cdot D_1$$

$$a_1 = (a_{AC} \cdot D_{AC} + a_{ATB} \cdot D_{ATB}) / D_1$$

$$= (0,4 \cdot 4 + 0,35 \cdot 5) / 9 = 0,372 \approx 0,38$$

sehingga :

1. material yang digunakan adalah Laston,

2. koefisien kekuatan relatif bahan (a_1) = 0,38, dan

3. tebal lapisan (D_1) = 9 cm.

2. Lapis Pondasi Atas ("Base Course")

a. material Agregat Kelas A (Tabel 5.5),

b. koefisien kekuatan relatif bahan (a_2) = 0,14 (Tabel 3.7),

c. tebal lapisan (D_2) = 20 cm (Lampiran 4), dan

3. Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")
 - a. material Agregat Kelas B (Tabel 5.5),
 - b. koefisien kekuatan relatif bahan (a_3) = 0,13 (Tabel 3.7),
 - c. tebal lapisan (D_3) = 30 cm (Lampiran 4)

2. Analisis Komponen Lapis Keras Lentur Tahun 2000

Dalam analisis ini, tahun 2000 merupakan awal umur rencana (tahun pertama operasional jalan). Berdasarkan data-data perhitungan pada Langkah 1, analisis dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut ini.

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2000})

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2000}) ditentukan dengan Persamaan 3.3 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) Analisis Tahun 2000 dengan Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	LHR	C	E	$LEP = \sum LHR.C.E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I	6219	0,6	0,0004	2
II	1297	0,7	0,3006	273
III	967	0,7	0,2174	148
IV	318	0,7	5,0264	1119
V	94	0,7	2,7416	181
VI	62	0,7	6,1179	266
VII	45	0,7	10,183	321
VIII	100	0,7	4,9283	345
Total LEP_{2000}				2655

- (1) berdasarkan Langkah 4.2,
- (2) berdasarkan Tabel 5.9,
- (3) berdasarkan Langkah 1.e,
- (4) berdasarkan Tabel 2.2, dan
- (5) berdasarkan Persaman 3.3, dengan mengalikan (2), (3) dan (4) (dilakukan pembulatan ke atas).

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2000})

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2000}) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.4 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2000 dengan Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	$LHR.(1+i)^{UR}$	C	E	$LEA = \sum LHR.(1+i)^{UR}.C.E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I	12818	0,6	0,0004	2
II	2673	0,7	0,3006	273
III	1993	0,7	0,2174	148
IV	654	0,7	5,0264	1119
V	193	0,7	2,7416	181
VI	127	0,7	6,1179	266
VII	93	0,7	10,183	321
VIII	206	0,7	4,9283	345
Total LEA₂₀₀₀				2655

(1), (2), (3), (4) sama dengan Tabel 5.10, dan

(5) berdasarkan Persamaan 3.4 dengan mengalikan (2), (3) dan (4) (dilakukan pembulatan ke atas).

c. Lintas Ekuivalen Tengah (LET₂₀₀₀)

Lintas Ekuivalen Tengah (LET₂₀₀₀) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.5 dengan perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned} LET_{2000} &= (LEP_{2000} + LEA_{2000}) / 2 = (2655 + 2655) / 2 \\ &= 2655 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

d. Lintas Ekuivalen Rencana (LER₂₀₀₀)

Lintas Ekuivalen Rencana (LER₂₀₀₀) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7 dengan perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned} LER_{2000} &= LET_{2000} \cdot FP \text{ (Persamaan 3.6)} \\ &= LET_{2000} \cdot (UR/10) \text{ (Persamaan 3.7)} \\ &= 2655 \cdot (1/10) \\ &= 265,5 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

e. Analisis Tebal Komponen

Analisis tebal komponen lapis keras lentur untuk tahun 2000 dilakukan sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan ("Surface Course")

a. Berdasarkan Langkah 1.g, ditentukan data-data perencanaan sebagai berikut :

1. material Laston (AC, ATB),
2. koefisien kekuatan relatif (a_1) sebesar 0,38.

b. Data pendukung

1. $LER_{2000} = 265,5$ (8,16 ton beban sumbu tunggal) (Langkah d)
2. CBR yang digunakan adalah CBR "Base Course" = 78 %.

Berdasarkan Gambar 3.1, diperoleh $DDT = 9,8$

3. $FR = 2$ (Langkah 1.f),
4. $IPt = 2 - 2,5$ (Tabel 3.5), dalam analisis ini digunakan $IPt = 2,5$
5. $IPO \geq 4$ (Tabel 3.6)

c. Penentuan Tebal Komponen

Berdasarkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Bina Marga 1987 pada Lampiran 11 diperoleh $ITP_{1 \text{ Terpakai}} = 2,6$ sehingga :

$$ITP_{1 \text{ Terpakai}} = a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}}$$

$$D_{1 \text{ Terpakai}} = ITP_{1 \text{ Terpakai}} / a_1$$

$$= 2,6 / 0,38 = 6,8 \approx 7 \text{ cm}$$

(memenuhi syarat Tabel 3.8)

2. Lapis Pondasi Atas ("Base Course")

a. Berdasarkan Langkah 1.g, ditentukan data perencanaan sebagai berikut :

1. material Agregat Kelas A,
2. koefisien kekuatan relatif (a_2) sebesar 0,14.

b. Data pendukung sama dengan penentuan tebal lapis permukaan, kecuali CBR yang digunakan adalah CBR "Sub Base Course" sebesar 31 %. Berdasarkan Gambar 3.1, diperoleh $DDT = 8,2$.

c. Penentuan Tebal Komponen

Berdasarkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Bina Marga 1987 pada Lampiran 11 diperoleh $ITP_{2 \text{ Terpakai}} = 4,4$ sehingga :

$$ITP_{2 \text{ Terpakai}} = a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}} + a_2 \cdot D_{2 \text{ Terpakai}}$$

$$\begin{aligned} D_{2 \text{ Terpakai}} &= ITP_{2 \text{ Terpakai}} - a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}} / a_2 \\ &= (4,4 - 0,38 \cdot 7) / 0,14 = 12,43 \approx 20 \text{ cm} \\ &\text{(memenuhi syarat Tabel 3.8).} \end{aligned}$$

3. Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")

a. Berdasarkan Langkah 1.g, ditentukan data perencanaan sebagai berikut :

1. material Agregat Kelas B,
2. koefisien kekuatan relatif (a_3) sebesar 0,13.

b. Data pendukung sama dengan penentuan tebal lapis permukaan, kecuali CBR yang digunakan adalah CBR "Subgrade" sebesar 5,4 %. Berdasarkan Gambar 3.1, diperoleh $DDT = 4,8$.

c. Penentuan Tebal Komponen

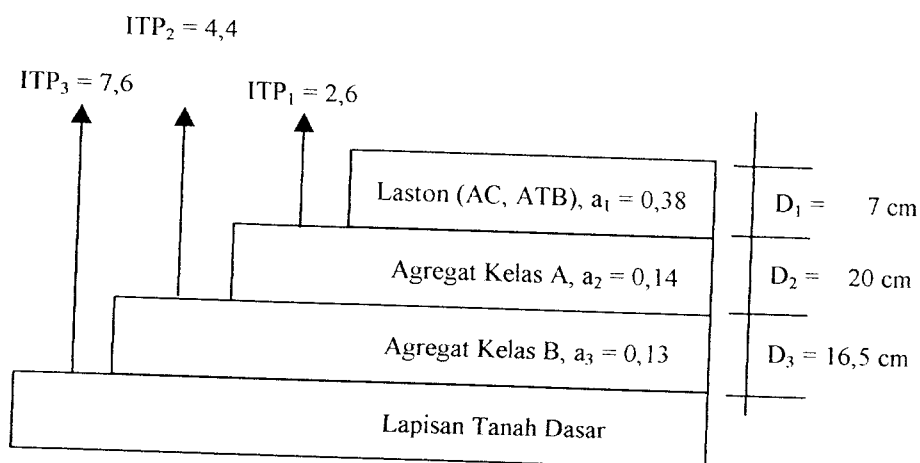
Berdasarkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Bina Marga 1987 pada Lampiran 11 diperoleh $ITP_{3 \text{ Terpakai}} = 7,6$ sehingga :

$$ITP_{3 \text{ Terpakai}} = a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}} + a_2 \cdot D_{2 \text{ Terpakai}} + a_3 \cdot D_{3 \text{ Terpakai}}$$

$$\begin{aligned} D_{3 \text{ Terpakai}} &= ITP_{3 \text{ Terpakai}} - (a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}} + a_2 \cdot D_{2 \text{ Terpakai}}) / a_3 \\ &= (7,6 - 0,38 \cdot 7 - 0,14 \cdot 20) / 0,13 = 16,46 \approx 16,5 \text{ cm} \\ &\text{(memenuhi syarat Tabel 3.8)} \end{aligned}$$

4. Komponen Lapis Keras Lentur Terpakai Tahun 2000

Berdasarkan uraian di atas, ditentukan komponen lapis keras lentur tahun 2000 yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Komponen Lapis Keras Lentur Analisis Tahun 2000 dengan Metode Bina Marga 1987

3. Analisis Komponen Lapis Keras Lentur Tahun 2001

Data penentuan tebal lapis keras lentur adalah sebagai berikut :

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2000})

$LEP_{2000} = 265,5$ (8,16 ton beban sumbu tunggal) (Langkah 2.a),

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2001})

LEA_{2001} ditentukan berdasarkan Persamaan 3.4 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.12.

c. Lintas Ekuivalen Tengah (LET_{2001})

$$\begin{aligned} LET_{2001} &= (LEP_{2000} + LEA_{2001}) / 2 = (2655 + 3859) / 2 \\ &= 2757 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

Tabel 5.12 Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2001 dengan Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	$LHR.(1+i)^{UR}$	C	E	$LEA = \sum LHR.(1+i)^{UR} . C.E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I	6686	0,6	0,0004	2
II	1394	0,7	0,3006	294
III	1040	0,7	0,2174	159
IV	342	0,7	5,0264	1204
V	101	0,7	2,7416	194
VI	66	0,7	6,1179	283
VII	49	0,7	10,183	350
VIII	108	0,7	4,9283	373
Total LEA₂₀₀₁				2859

(1), (2), (3), (4) dan (5) sama dengan uraian pada Tabel 5.11

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₀₁)

$$\begin{aligned}
 LER_{2001} &= LET_{2001} \cdot FP \text{ (Persamaan 3.6)} \\
 &= LET_{2001} \cdot (UR/10) \text{ (Persamaan 3.7)} \\
 &= 2757 \cdot (2/10) \\
 &= 551,4 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)}
 \end{aligned}$$

e. Analisis Tebal Komponen

Analisis tebal komponen lapis keras lentur untuk tahun 2001 dilakukan sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan ("Surface Course")

a. Data penentuan tebal lapis permukaan sama dengan Langkah 2.e, kecuali LER₂₀₀₁ sebesar 551,4 (8,16 ton beban sumbu tunggal),

b. Berdasarkan nomogram pada Lampiran 11, diperoleh ITP₁ Terpakai sebesar 2,9, sehingga :

$$ITP_{1 \text{ Terpakai}} = a_1 \cdot D_1 \text{ Terpakai}$$

$$\begin{aligned}
 D_{1 \text{ Terpakai}} &= ITP_{1 \text{ Terpakai}} / a_1 \\
 &= 2,9 / 0,38 = 7,63 \approx 8 \text{ cm} \\
 &\text{(memenuhi syarat Tabel 3.8)}
 \end{aligned}$$

2. Lapis Pondasi Atas ("Base Course")

- a. Data penentuan tebal lapis pondasi atas sama dengan Langkah 2.e, kecuali LER_{2001} sebesar 551,4 (8,16 ton beban sumbu tunggal),
- b. Berdasarkan nomogram pada Lampiran 11, diperoleh $ITP_{2 \text{ Terpakai}}$ sebesar 4,8, sehingga :

$$\begin{aligned}
 ITP_{2 \text{ Terpakai}} &= a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}} + a_2 \cdot D_{2 \text{ Terpakai}} \\
 D_{2 \text{ Terpakai}} &= (ITP_{2 \text{ Terpakai}} - a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}}) / a_2 \\
 &= (4,8 - 0,38 \cdot 8) / 0,14 = 12,57 \approx 20 \text{ cm} \\
 &\text{(memenuhi syarat Tabel 3.8).}
 \end{aligned}$$

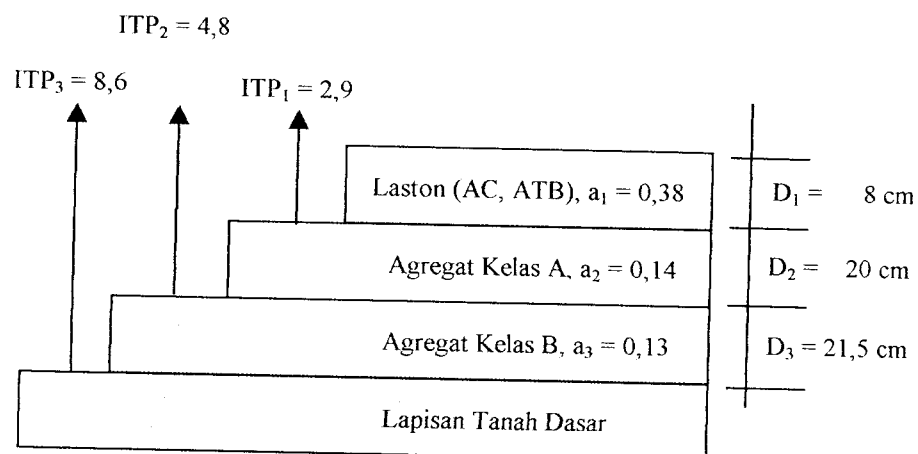
3. Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")

- a. Data penentuan tebal lapis pondasi atas sama dengan Langkah 2.e, kecuali LER_{2001} sebesar 551,4 (8,16 ton beban sumbu tunggal),
- b. Berdasarkan nomogram pada Lampiran 11, diperoleh $ITP_{3 \text{ Terpakai}}$ sebesar 8,6, sehingga :

$$\begin{aligned}
 ITP_{3 \text{ Terpakai}} &= a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}} + a_2 \cdot D_{2 \text{ Terpakai}} + a_3 \cdot D_{3 \text{ Terpakai}} \\
 D_{3 \text{ Terpakai}} &= (ITP_{3 \text{ Terpakai}} - (a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}} + a_2 \cdot D_{2 \text{ Terpakai}})) / a_3 \\
 &= (8,6 - 0,38 \cdot 8 - 0,14 \cdot 20) / 0,13 = 21,23 \approx 21,5 \text{ cm} \\
 &\text{(memenuhi syarat Tabel 3.8)}
 \end{aligned}$$

4. Komponen Lapis Keras Lentur Terpakai Tahun 2001

Berdasarkan uraian di atas, ditentukan komponen lapis keras lentur tahun 2001 yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Komponen Lapis Keras Lentur Analisis Tahun 2001 dengan Metode Bina Marga 1987

4. Analisis Komponen Lapis Keras Lentur Tahun 2002

Data penentuan tebal lapis keras lentur adalah sebagai berikut :

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2000})

$LEP_{2002} = 265,5$ (8,16 ton beban sumbu tunggal) (Langkah 2.a),

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2002})

LEA_{2002} ditentukan berdasarkan Persamaan 3.4 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.13.

c. Lintas Ekuivalen Tengah (LET_{2002})

$$\begin{aligned} LET_{2002} &= (LEP_{2000} + LEA_{2002}) / 2 = (2655 + 3066) / 2 \\ &= 2860,5 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

Tabel 5.13 Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2002 dengan Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	$LHR.(1+i)^{UR}$	C	E	$LEA = \sum LHR.(1+i)^{UR}.C.E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I	7187	0,6	0,0004	2
II	7499	0,7	0,3006	316
III	1118	0,7	0,2174	171
IV	367	0,7	5,0264	1292
V	108	0,7	2,7416	208
VI	71	0,7	6,1179	305
VII	52	0,7	10,183	371
VIII	116	0,7	4,9283	401
Total LEA₂₀₀₂				3066

(1), (2), (3), (4) dan (5) sama dengan uraian pada Tabel 5.11

d. Lintas Ekuivalen Rencana (LER₂₀₀₂)

$$\begin{aligned}
 LER_{2002} &= LET_{2002} \cdot FP \text{ (Persamaan 3.6)} \\
 &= LET_{2002} \cdot (UR/10) \text{ (Persamaan 3.7)} \\
 &= 2860,5 \cdot (3/10) \\
 &= 858,15 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)}
 \end{aligned}$$

e. Analisis Tebal Komponen

Analisis tebal komponen lapis keras lentur untuk tahun 2002 dilakukan sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan ("Surface Course")

- Data penentuan tebal lapis permukaan sama dengan Langkah 2.e, kecuali LER₂₀₀₂ sebesar 858,15 (8,16 ton beban sumbu tunggal),
- Berdasarkan nomogram pada Lampiran 11, diperoleh ITP₁ Terpakai sebesar 3,1, sehingga :

$$\begin{aligned}
 ITP_{1 \text{ Terpakai}} &= a_1 \cdot D_{1 \text{ Terpakai}} \\
 D_{1 \text{ Terpakai}} &= ITP_{1 \text{ Terpakai}} / a_1 \\
 &= 3,1 / 0,38 = 8,46 \approx 8,5 \text{ cm} \\
 &\text{(memenuhi syarat Tabel 3.8)}
 \end{aligned}$$

2. Lapis Pondasi Atas ("Base Course")

- Data penentuan tebal lapis pondasi atas sama dengan Langkah 2.e, kecuali LER_{2002} sebesar 858,15 (8,16 ton beban sumbu tunggal),
- Berdasarkan nomogram pada Lampiran 11, diperoleh ITP_2 Terpakai sebesar 5,5, sehingga :

$$ITP_2 \text{ Terpakai} = a_1 \cdot D_1 \text{ Terpakai} + a_2 \cdot D_2 \text{ Terpakai}$$

$$\begin{aligned} D_2 \text{ Terpakai} &= ITP_2 \text{ Terpakai} - a_1 \cdot D_1 \text{ Terpakai} / a_2 \\ &= (5,5 - 0,38 \cdot 8,5) / 0,14 = 16,21 \approx 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

(memenuhi syarat Tabel 3.8).

3. Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")

- Data penentuan tebal lapis pondasi atas sama dengan Langkah 2.e, kecuali LER_{2002} sebesar 858,15 (8,16 ton beban sumbu tunggal),
- Berdasarkan nomogram pada Lampiran 11, diperoleh ITP_3 Terpakai sebesar 9,3, sehingga :

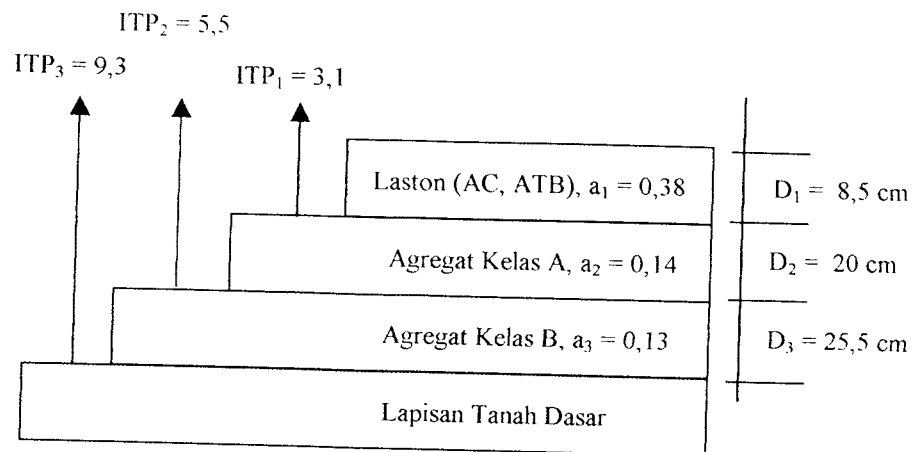
$$ITP_3 \text{ Terpakai} = a_1 \cdot D_1 \text{ Terpakai} + a_2 \cdot D_2 \text{ Terpakai} + a_3 \cdot D_3 \text{ Terpakai}$$

$$\begin{aligned} D_3 \text{ Terpakai} &= ITP_3 \text{ Terpakai} - (a_1 \cdot D_1 \text{ Terpakai} + a_2 \cdot D_2 \text{ Terpakai}) / a_3 \\ &= (9,3 - 0,38 \cdot 8,5 - 0,14 \cdot 20) / 0,13 = 25,15 \approx 25,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

(memenuhi syarat Tabel 3.8)

4. Komponen Lapis Keras Lentur Terpakai Tahun 2002

Berdasarkan uraian di atas, ditentukan komponen lapis keras lentur tahun 2002 yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Komponen Lapis Keras Lentur Analisis Tahun 2002 dengan Metode Bina Marga 1987

Analisis tahun selanjutnya dilakukan berdasarkan tahapan yang sama dengan Langkah 2, 3 dan 4 dan diperoleh hasil analisis bahwa pada tahun 2003 ruas jalan tidak mampu lagi mendukung beban lalu lintas, sehingga pada tahun 2002 perlu dilakukan peningkatan jalan ("Overlay").

Hasil analisis dengan menggunakan Metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga 1987

Item	Tahun Analisis				
	2000 (2)	2001 (3)	2002 (4)	2003 (5)	
(1)					
LHR (Kend/Hr/1 Arah)	9.102	9.786	10.518	11.306	
LEP (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)	2.655	2.655	2.655	2.655	
LEA (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)	2.655	2.858	3.066	3.295	
LET (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)	2.655	2.757	2.860,5	2.975	
LER (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)	265,50	551,40	858,15	1.190	
ITP ₁	2,6	2,9	3,1	3,7	
ITP ₂	4,4	4,8	5,5	6,6	
ITP ₃	7,6	8,6	9,3	10,3	
D ₁ (Cm)	7,0	8,0	8,5	9,5	
D ₂ (Cm)	20	20	20	21,5	
D ₃ (Cm)	16,5	21,5	25,5	28,5	

5.3.2 Metode AASHTO 1986

Analisis tebal lapis keras lentur ruas jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) ke arah Timur Yogyakarta sepanjang 3200 meter sampai Km 12 (STA 12-000) dengan menggunakan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986), dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut ini.

1. Data Perhitungan

Data perhitungan yang digunakan dalam analisis ini adalah seperti yang diuraikan berikut ini.

a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) dalam metode ini disebut "Average Daily Traffic" (ADT). Data ADT yang digunakan, diperoleh dari hasil survai volume beban lalu lintas maksimum yang terjadi pada ruas jalan pada hari Sabtu (tanggal 24 April 1999), untuk arah ke Yogyakarta. Data ADT tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Data LHR/ADT Analisis dengan Metode AASHTO 1986

Gol. Kend	Jenis Kend	Tipe Sumbu	Berat (Ton)	Jumlah Tahun 1990 (Kend/Hr/1 arah)	Jumlah Tahun 1999 (Kend/Hr/1 arah)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I	MP	1.1	2	4.486	6.019
II	Bus	1.2	9	1.005	1.264
III	Truk	1.2L	8,3	622	925
IV	Truk	1.2H	18,2	91	280
V	Truk	1.22	25	73	91
VI	Trailer	1.2-2	26,2	35	58
VII	Trailer	1.2-22	42	11	39
VIII	Trailer	1.2+2.2	31,4	32	89
Total "Average Daily Traffic"				6.355	8.765

b. Data Pendukung

Data pendukung dalam analisis ini adalah sebagai berikut :

- a. periode analisis : 10 tahun,

- b. pertumbuhan lalu lintas
 - 1. awal umur rencana : berdasarkan Tabel 5.8,
 - 2. selama umur rencana : 7,5 % (Langkah 5.3.1.1, tentang prediksi beban lalu lintas),
- c. klasifikasi jalan : arteri,
- d. fungsi jalan : rural,
- e. asumsi awal
 - 1. SN = 3,5
 - 2. IPt = 2,5 dan
 - 3. IPo = 4,2.

c. Nilai TEF ("Traffic Equivalent Factor")

TEF ("Traffic Equivalent Factor") merupakan angka ekivalen beban sumbu kendaraan yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal sebesar 18000 Lbs (18 Kips) dapat menyebabkan kerusakan sama atau penurunan indeks permukaan yang sama jika kendaraan melintas satu kali.

Berdasarkan Tabel 3.9 sampai Tabel 3.12, nilai TEF untuk masing-masing golongan kendaraan ditentukan berikut ini.

1. Golongan Kendaraan I

Berat total golongan kendaraan I adalah 2 ton, dengan distribusi beban kendaraan 50 % - 50 % (Tabel 2.2). Penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

$$\text{a. As depan tunggal} = 2 \text{ ton} \cdot 50 \% = 1 \text{ ton} = 2,205 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,0007.$$

$$\text{b. As belakang tunggal} = 2 \text{ ton} \cdot 50 \% = 1 \text{ ton} = 2,205 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,0007.$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,0007 + 0,0007 = 0,0014.$$

2. Golongan Kendaraan II

Berat total golongan kendaraan II adalah 9 ton, dengan distribusi beban kendaraan 34 % - 66 % (Tabel 2.2). Penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

$$\text{a. As depan tunggal} = 9 \text{ ton} \cdot 34 \% = 3,06 \text{ ton} = 6,75 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,0313.$$

$$\text{b. As belakang tunggal} = 9 \text{ ton} \cdot 66 \% = 5,94 \text{ ton} = 13,10 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,3235.$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,0313 + 0,3235 = 0,3548.$$

3. Golongan Kendaraan III

Berat total golongan kendaraan III adalah 8,3 ton (Tabel 2.2) dengan distribusi beban kendaraan 34 % - 66 % (Tabel 2.2). Penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

$$\text{a. As depan tunggal} = 8,3 \text{ ton} \cdot 34 \% = 2,82 \text{ ton} = 6,22 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,0233.$$

$$\text{b. As belakang tunggal} = 8,3 \text{ ton} \cdot 66 \% = 5,48 \text{ ton} = 12,08 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,2368.$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,0233 + 0,2368 = 0,2601.$$

4. Golongan Kendaraan IV

Berat total golongan kendaraan IV adalah 18,2 ton, dengan distribusi beban kendaraan 34 % - 66 % (Tabel 2.2). Penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

$$\text{a. As depan tunggal} = 18,2 \text{ ton} \cdot 34 \% = 6,19 \text{ ton} = 13,64 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,3694.$$

$$\text{b. As belakang tunggal} = 18,2 \text{ ton} \cdot 66 \% = 12,01 \text{ ton} = 26,48 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 4,6916.$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,3694 + 4,6916 = 5,0610.$$

5. Golongan Kendaraan V

Berat total golongan kendaraan V adalah 25 ton, dengan distribusi beban kendaraan 25 % - 75 % (Tabel 2.2). Penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

$$\text{a. As depan tunggal} = 25 \text{ ton} \cdot 25 \% = 6,25 \text{ ton} = 13,78 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,3813.$$

$$\text{b. As belakang tunggal} = 25 \text{ ton} \cdot 75 \% = 18,75 \text{ ton} = 41,34 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.12, diperoleh nilai TEF} = 2,3481.$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,3813 + 2,3481 = 2,7294.$$

6. Golongan Kendaraan VI

Berat total golongan kendaraan VI adalah 26,2 ton, dengan distribusi beban kendaraan 18 % - 41 % - 41 % (Tabel 2.2). Penentuan TEF dilakukan berikut ini.

$$\text{a. As depan tunggal} = 26,2 \text{ ton} \cdot 18 \% = 4,72 \text{ ton} = 10,41 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,146.$$

$$\text{b. As belakang tunggal} = 26,2 \text{ ton} \cdot 41 \% = 10,74 \text{ ton} = 23,68 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 2,9428.$$

$$\text{c. As belakang sambungan tunggal} = 26,2 \text{ ton} \cdot 41 \% = 23,68 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 2,9428.$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,1426 + 2,9424 + 2,9428 = 6,02852.$$

7. Golongan Kendaraan VII

Berat total golongan kendaraan VII adalah 42 ton, dengan distribusi beban kendaraan 18 % - 28 % - 54 % (Tabel 2.2). Penentuan TEF dilakukan berikut ini.

$$\text{a. As depan tunggal} = 42 \text{ ton} \cdot 18 \% = 7,56 \text{ ton} = 16,67 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,7673.$$

$$\text{b. As belakang tunggal} = 42 \text{ ton} \cdot 28 \% = 11,76 \text{ ton} = 25,93 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 4,2673.$$

$$\text{c. As belakang sambungan ganda} = 42 \text{ ton} \cdot 54 \% = 50 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 7,4$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,7673 + 4,2673 + 7,4 = 12,4346.$$

8. Golongan Kendaraan VIII

Berat total golongan kendaraan VIII adalah 31,4 ton, dengan distribusi beban kendaraan 17 % - 35 % - 24 % - 24 % (Tabel 2.2). Penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

$$\text{a. As depan tunggal} = 31,4 \text{ ton} \cdot 17 \% = 5,33 \text{ ton} = 11,75 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,2163.$$

$$\text{b. As belakang tunggal} = 31,4 \text{ ton} \cdot 35 \% = 10,99 \text{ ton} = 24,23 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 3,2303.$$

$$\text{c. As gandengan depan tunggal} = 31,4 \text{ ton} \cdot 24 \% = 16,61 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,7568$$

$$\text{d. As gandengan belakang tunggal} = 31,4 \text{ ton} \cdot 24 \% = 16,61 \text{ Kips.}$$

$$\text{Berdasarkan Tabel 3.11, diperoleh nilai TEF} = 0,7568$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,2163 + 3,2303 + 0,7568 + 0,7568 = 4,9602.$$

Berdasarkan uraian di atas, nilai TEF yang diperoleh mendekati nilai TEF pada Tabel 2.2, sehingga dalam analisis ini nilai TEF yang digunakan sesuai dengan Tabel 2.2.

d. Ekuivalen 18 Kips ESAL

Perhitungan ekuivalen 18 Kips ESAL dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Jumlah Kendaraan 18 Kips ESAL Analisis dengan Metode AASHTO 1986

Gol. Kend	TGF	ADT Tahun I	18 Kips ESAL	TEF	Perencanaan 18 Kips ESAL
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I	14,2	6.019	85.470	0,0004	35
II	14,2	1.264	17.949	0,3006	5.396
III	14,2	925	13.135	0,2174	2.856
IV	14,2	280	3.976	5,0264	19.985
V	14,2	91	1.293	2,7416	3.545
VI	14,2	58	824	6,1179	5.042
VII	14,2	39	554	10,1830	5.642
VIII	14,2	89	1.264	4,9283	6.230
Total 18 Kips ESAL					48.731

- (1) berdasarkan Tabel 2.2,
 (2) berdasarkan Langkah 1.b dan Lampiran 17,
 (3) berdasarkan Tabel 5.9,
 (4) 18 Kips ESAL diperoleh dengan mengalikan (2) dengan (3), dilakukan pembulatan ke atas.
 (5) berdasarkan Tabel 2.2,
 (6) perencanaan 18 Kips ESAL diperoleh dengan mengalikan (4) dengan (5), dilakukan pembulatan ke atas.

Berdasarkan Tabel 5.16, pengulangan kumulatif 18 Kips ESAL perarah pada lajur rencana diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.16 berikut ini.

$$W_{18}' = D_D \cdot D_L \cdot W_{18}$$

dengan :

D_D = faktor distribusi arah = 50 % (Langkah 3.3.2.2), karena dalam analisis ini lajur rencana yang digunakan untuk 1 arah, maka nilai $D_D = 100$ %,

D_L = faktor distribusi lajur, ditentukan berdasarkan Tabel 3.13, diperoleh D_L sebesar 50 % – 75 %. Dalam analisis ini digunakan $D_L = 75$ %,

W_{18} = jumlah kendaraan ekuivalen 18 Kips ESAL, berdasarkan Tabel 5.16 diperoleh W_{18} sebesar 48.731 (18 Kips ESAL),

sehingga :

$$W_{18}' = 1 \cdot 0,75 \cdot 48.731 = 36.549 = 0,04 \cdot 10^6 \approx 0,05 \cdot 10^6 \text{ (18 Kips ESAL).}$$

Penentuan pengulangan beban diperoleh dari grafik seperti Gambar 3.3 dengan menggunakan Persamaan 3.14. Penentuan pengulangan beban tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5.17 Prediksi Kumulatif 18 Kips ESAL Terhadap Waktu Metode AASHTO 1986

Tahun (1)	t ^{*)} (2)	Wt ₁₈ ^{**)} (3)
1999	0	0
2000	1	50.000
2001	2	103.750
2002	3	161.532
2003	4	223.647
2004	5	290.420
2005	6	362.202
2006	7	439.367
2007	8	522.319
2008	9	611.493
2009	10	707.355
2010	11	810.406
2011	12	921.187
2012	13	1.040.276
2013	14	1.168.297
2014	15	1.305.919
2015	16	1.453.863

*) jumlah tahun,

**) kumulatif 18 Kips ESAL beban ekuivalen sumbu tunggal perarah pada lajur rencana

Selengkapnya grafik hubungan kumulatif 18 Kips ESAL dengan waktu dalam analisis ini dapat dilihat pada Lampiran 19.

e. Penentuan $SN_{Maksimum}$

Penentuan SN maksimum selama periode analisis dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini.

- a. R (tingkat reliabilitas) = 75 % – 95 % (Langkah 5.2.2 tentang reliabilitas dan simpangan baku untuk ruas jalan). Dalam analisis ini digunakan nilai R sebesar 95 %,
- b. Z_r (simpangan baku normal), untuk R = 95 %, digunakan Z_r = - 1,645 (Tabel 3.17),

- c. S_o (simpangan baku keseluruhan) sebesar 0,40 – 0,50, dengan prediksi lalu lintas dipertimbangkan, maka $S_o = 0,44$ (Langkah 3.3.2.3),
- d. M_r (modulus resilien tanah dasar) sebesar 1500 . CBR (Persamaan 3.18), maka : $M_r = 1500 \cdot 5,4 = 8100$ Psi,
- e. PSI (nilai indeks permukaan) sebesar $I_{Po} - I_{Pt}$ (Persamaan 3.11), maka : $PSI = 4,2 - 2,5$ (Langkah 1.b), sehingga $PSI = 1,7$ dan
- f. Berdasarkan Tabel 5.17, diperoleh $W_{18} = 0,71 \cdot 10^6$ (18 Kips ESAL).

Penentuan $SN_{Maksimum}$ dilakukan dengan menggunakan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Metode AASHTO 1986 (Lampiran 12) dan diperoleh $SN_{Maksimum} = 3,45 \approx$ asumsi awal = 3,5

f. Data Komponen Lapis Keras Lentur

Data komponen lapis keras lentur ruas Jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 adalah sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan ("Surface Course")
 - a. material Laston AC ("Asphalt Concrete"/"High Stability")(Tabel 5.5),
 1. "Marshall Stability" (MS) = 802 Kg = 363,78 Pounds (Tabel 5.5),
 2. koefisien kekuatan relatif (a_{AC}) : 0,44 (asumsi dari Tabel 3.18),
 3. tebal lapisan (D_{AC}) = 4 cm : 1,57" (Lampiran 4).
 - b. material Laston ATB ("Asphalt Concrete"/"Low Stability")(Tabel 5.5),
 1. "Marshall Stability" (MS) = 1.139 Kg = 516,64 Pounds (Tabel 5.5),
 2. koefisien kekuatan relatif (a_{AC}) : 0,2 (asumsi dari Tabel 3.18),
 3. tebal lapisan (D_{ATB}) = 4 cm : 1,57" (Lampiran 4).
 - c. lapis Laston AC dan ATB dijadikan satu lapis dengan penjabaran sebagai berikut :

SN	$\frac{AC (a_{AC} = 0,44, D_{AC} = 4 \text{ cm})}{ATB (a_{ATB} = 0,2, D_{ATB} = 5 \text{ cm})}$	a_1, D_1, SN_1
----	---	------------------

$$SN = a_{AC} \cdot D_{AC} + a_{ATB} \cdot D_{ATB} \quad ITP_1 = a_1 \cdot D_1$$

$$SN = SN_1, \text{ maka : } a_{AC} \cdot D_{AC} + a_{ATB} \cdot D_{ATB} = a_1 \cdot D_1$$

$$a_1 = (a_{AC} \cdot D_{AC} + a_{ATB} \cdot D_{ATB}) / D_1$$

$$= (0,44 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5) / 9 \approx 0,35$$

sehingga :

1. material yang digunakan adalah Laston/"Asphalt Concrete"
 2. koefisien kekuatan relatif bahan (a_1) = 0,35
 3. tebal lapisan (D_1) = 9 cm = 3,54 "
2. Lapis Pondasi Atas ("Base Course")
- a. material Agregat Kelas A ("Crushed Stone") (Tabel 5.5),
 - b. koefisien kekuatan relatif (a_2) : 0,14 (Tabel 3.18),
 - c. tebal lapisan (D_2) = 20 cm : 7,87 " (Lampiran 4),
 - d. koefisien drainasi (m_2)
 1. kualitas drainasi cukup (Langkah 5.2.2),
 2. tingkat kelembaban > 25%,
 3. berdasarkan Tabel 3.17 diperoleh $m_2 = 0,8$.
 - e. modulus resilien bahan (Mr) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.20 berikut ini.

$$a_2 = (0,249 \cdot \log E_{BS}) - 0,977$$

$$E_{BS} = Mr = 30619,634 = 30.620 \approx 30.000 \text{ Psi}$$
3. Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")
- a. material Agregat Kelas B ("Sand Gravel") (Tabel 5.5),
 - b. koefisien kekuatan relatif (a_3) : 0,11 (Tabel 3.18), dan
 - c. tebal lapisan (D_3) = 30 cm : 11,81 " (Lampiran 4),

- d. koefisien drainasi (m_3)
 - 1. kualitas drainasi cukup (Langkah 5.2.2),
 - 2. tingkat kelembaban $> 25\%$,
 - 3. berdasarkan Tabel 3.17 diperoleh $m_3 = 0,8$.
- e. modulus resilien bahan (M_r) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.21

$$a_3 = (0,227 \cdot \log E_{SB}) - 0,97$$

$$E_{SB} = M_r = 15157,122 = 15158 \approx 15.000 \text{ Psi}$$
- 4. Lapisan Tanah Dasar ("Sub Grade")
 - a. material tanah padat (Tabel 5.5),
 - b. modulus resilien tanah dasar (M_r) sebesar 8.100 Psi (Langkah 1.e).

2. Analisis Tebal Lapis Keras Lentur tahun 2000

Dalam analisis ini, tahun 2000 merupakan tahun pertama operasional jalan, dengan tahapan-tahapan analisis berikut ini :

a. Lapis Permukaan ("Surface Course")

- 1. Berdasarkan Langkah 1, ditentukan data-data perencanaan sebagai berikut :
 - a. material Laston ("Asphal Concrete"),
 - b. koefisien kekuatan relatif bahan (a_1) = 0,35,
 - c. tingkat reliabilitas (R) = 95 %,
 - d. simpangan baku normal (Z_r) = - 1,645,
 - e. simpangan baku keseluruhan (S_o) = 0,44,
 - f. nilai indeks permukaan (PSI) = 1,7,
 - g. kumulatif 18 Kips ESAL = 50.000 = $0,05 \cdot 10^6$ (18 Kips ESAL),
 - h. modulus resilien (M_r) yang digunakan adalah M_r Base Course sebesar 30.000 Psi.

2. Berdasarkan data perencanaan di atas, maka dengan menggunakan nomogram pada Lampiran 12 diperoleh $SN_1 = 1,2$, sehingga :

$$\begin{aligned} D_1^* &= SN_1 / a_1 \text{ (Persamaan 3.23)} \\ &= 1,2 / 0,35 = 3,48'' = 8,71 \text{ cm} \\ &\approx 3,54'' = 8,71 \text{ cm (memenuhi syarat Tabel 3.20)} \\ SN_1^* &= a_1 \cdot D_1^* = 0,35 \cdot 3,54 \\ &= 1,24 > SN_1 = 1,2 \text{ (Persamaan 3.24)} \end{aligned}$$

b. Lapis Pondasi Atas ("Base Course")

1. Data perencanaan sama dengan pada penentuan tebal lapis permukaan, kecuali :
 - a. material Agregat kelas A ("Crushed Stone"),
 - b. koefisien kekuatan relatif bahan (a_2) = 0,14,
 - c. koefisien drainasi (m_2) = 0,8, dan
 - d. modulus resilien (Mr) yang digunakan adalah $Mr_{\text{Sub Base Course}}$ sebesar 15.000 Psi.
2. Berdasarkan data perencanaan di atas, maka dengan menggunakan nomogram pada Lampiran 12 diperoleh $SN_2 = 1,75$ sehingga :

$$\begin{aligned} D_2^* &= (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \text{ (Persamaan 3.25)} \\ &= (1,75 - 1,24) / (0,8 \cdot 0,14) = 4,55'' = 11,57 \text{ cm} \\ &\approx 4,72'' = 12 \text{ cm (memenuhi syarat Tabel 3.20)} \\ SN_1^* + SN_2^* &= a_1 \cdot D_1^* + a_2 \cdot D_2^* \cdot m_2 \\ &= (0,35 \cdot 3,54) + (0,14 \cdot 4,72 \cdot 0,8) \\ &= 1,77 > SN_2 = 1,75 \text{ (Persamaan 3.26)} \end{aligned}$$

c. Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")

1. Data perencanaan sama dengan pada penentuan tebal lapis permukaan, kecuali :

a. Lapis Permukaan ("Surface Course")

1. Data perencanaan sama dengan analisis pada tahun 2000, kecuali kumulatif 18 Kips ESAL = 103.750 = $0,10 \cdot 10^6$ (18 Kips ESAL) (Tabel 5.17),
2. Berdasarkan data perencanaan di atas, maka dengan menggunakan nomogram pada Lampiran 12 diperoleh $SN_1 = 1,4$, sehingga :

$$\begin{aligned}
 D_1^* &= SN_1 / a_1 \text{ (Persamaan 3.23)} \\
 &= 1,4 / 0,35 = 4'' = 10,16 \text{ cm} \\
 &\approx 4,13'' = 10,5 \text{ cm (memenuhi syarat Tabel 3.20)} \\
 SN_1 &= a_1 \cdot D_1^* = 0,35 \cdot 4,13 \\
 &= 1,45 > SN_1 = 1,4 \text{ (Persamaan 3.24)}
 \end{aligned}$$

b. Lapis Pondasi Atas ("Base Course")

1. Data perencanaan sama dengan analisis pada tahun 2000, kecuali kumulatif 18 Kips ESAL = 103 . 750 = $0,10 \cdot 10^6$ (18 Kips ESAL) (Tabel 5.17),
2. Berdasarkan data perencanaan di atas, maka dengan menggunakan nomogram pada Lampiran 12 diperoleh $SN_2 = 1,95$ sehingga :

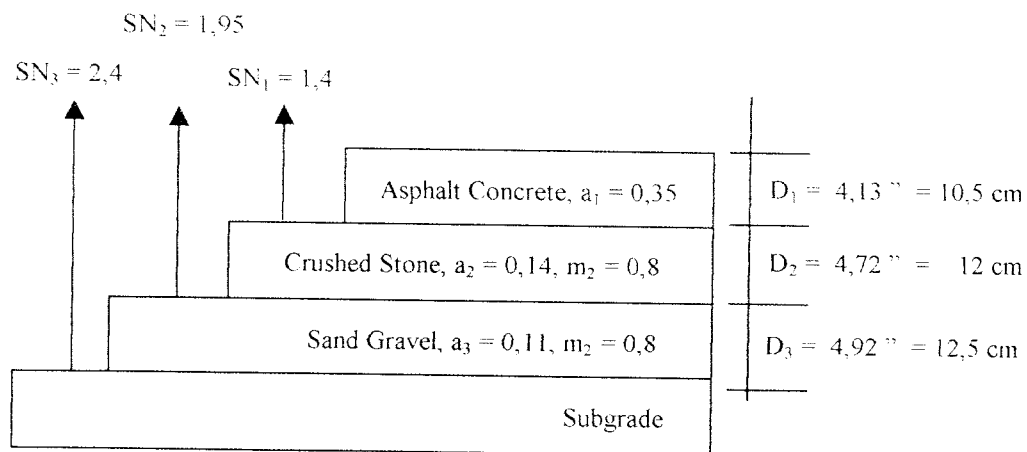
$$\begin{aligned}
 D_2^* &= (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \text{ (Persamaan 3.25)} \\
 &= (1,95 - 1,45) / (0,8 \cdot 0,14) = 4,46'' = 11,34 \text{ cm} \\
 &\approx 4,72'' = 12 \text{ cm (memenuhi syarat Tabel 3.20)} \\
 SN_1^* + SN_2^* &= a_1 \cdot D_1^* + a_2 D_2^* m_2 \\
 &= (0,35 \cdot 4,13) + (0,14 \cdot 4,72 \cdot 0,8) \\
 &= 1,97 > SN_2 = 1,95 \text{ (Persamaan 3.26)}
 \end{aligned}$$

c. Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")

1. Data perencanaan sama dengan analisis pada tahun 2000, kecuali kumulatif 18 Kips ESAL = $103 \cdot 750 = 0,10 \cdot 10^6$ (18 Kips ESAL) (Tabel 5.17),
2. Berdasarkan data perencanaan di atas, maka dengan menggunakan nomogram pada Lampiran 12 diperoleh $SN_3 = 2,4$ sehingga :

$$\begin{aligned}
 D_3^* &= SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*) / (a_3 \cdot m_3) \text{ (Persamaan 3.27)} \\
 &= (2,4 - 1,97) / (0,11 \cdot 0,8) = 4,89'' = 12,41 \text{ cm} \\
 &\approx 4,92'' = 12,5 \text{ cm (memenuhi syarat Tabel 3.20)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian di atas, maka ditentukan tebal lapis keras lentur pada tahun 2001 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Struktur Lapis Keras Lentur Analisis Tahun 2001 dengan Metode AASHTO 1986

Berdasarkan hasil analisis dengan Metode AASHTO 1986 dapat diketahui bahwa pada tahun 2001 ruas jalan tidak mampu lagi mendukung beban lalu lintas, sehingga pada tahun 2000 perlu dilakukan peningkatan jalan ("Overlay"). Hasil analisis dengan menggunakan Metode AASHTO 1986 dapat dilihat pada Tabel 5.18.

5.4 Pembahasan Analisis

Analisis tebal lapis keras lentur ruas jalan Solo Km 8,8 sampai Km 12 dalam Tugas Akhir ini dilakukan berdasarkan dua metode yang berbeda, yaitu : Metode Bina Marga 1987 (Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, UDC : 625.73 (02)) dan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986).

Analisis yang dilakukan pada prinsipnya sama, yaitu : untuk memprediksi kemampuan lapis keras lentur yang ada sekarang dalam mendukung beban lalu lintas sepuluh tahun mendatang.

Berdasarkan hasil analisis yang terdapat dalam Tabel 5.14 dan Tabel 5.18, dapat diketahui bahwa hasil akhir analisis yang diperoleh dari masing-masing metode adalah berbeda. Perbedaan tersebut disebabkan adanya perbedaan asumsi, parameter dan prosedur perencanaan yang digunakan pada masing-masing metode.

Perbedaan-perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Perbedaan Parameter Perencanaan Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1986

Uraian (1)	Metode Bina Marga 1987 (2)	Metode AASHTO 1986 (3)
Daya Dukung Tanah Dasar	Dikorelasikan dengan nilai CBR dengan menggunakan grafik seperti pada Gambar 3.1	Dinyatakan dengan Modulus Resilien (M_r) atau dikorelasikan dengan CBR menggunakan Persamaan 3.18
Lintas Ekuivalen	Ditentukan berdasarkan LEP, LEA, LET dan LER	Ditentukan berdasarkan Persamaan 3.13
Faktor Regional	Digunakan untuk menyatakan perbedaan kondisi lokasi	Tidak digunakan lagi, diganti dengan parameter baru
Parameter baru	Tidak menggunakan	Reliabilitas, Simpangan Baku dan Koefisien Drainasi
Penentuan tebal lapis keras	$ITP = a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$	$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$

Berdasarkan Tabel 5.19 tersebut, dapat dikatakan bahwa dengan adanya perbedaan parameter, maka persamaan dan nomogram yang menyatakan hubungan antara repetisi beban lalu lintas, daya dukung tanah dan parameter lain yang digunakan menjadi berbeda.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan langsung, perhitungan dan analisis tebal lapis keras lentur terhadap ruas Jalan Solo Km (8,8) (STA 8+800) ke arah Timur Yogyakarta, sepanjang 3.200 meter sampai Km 12 (STA 12+000) berdasarkan metode Bina Marga 1987 (Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, UDC : 625.73 (02) dan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986) dapat disimpulkan bahwa :

1. Ruas Jalan Solo Km 8.8 sampai Km 12, tidak mampu mendukung beban lalu lintas sampai tahun 2009 berdasarkan analisis menggunakan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986,
2. Berdasarkan data volume beban lalu lintas sekunder tahun 1990 dan volume beban lalu lintas primer tahun 1999, prosentase rata-rata pertumbuhan lalu lintas adalah sebesar 7,5 % per tahun,
3. Hasil akhir analisis yang dilakukan berdasarkan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986 adalah berbeda. Metode Bina Marga 1987 lebih tebal dari AASHTO 1986. Perbedaan hasil akhir tersebut membuktikan bahwa Metode Bina Marga 1987 lebih boros dari AASHTO 1986.
4. Perbedaan hasil akhir analisis disebabkan oleh : faktor lalu lintas, asumsi, parameter dan prosedur analisis yang digunakan pada masing-masing metode,

5. Perbedaan hasil akhir analisis bukan menjadi patokan bahwa Metode AASHTO 1986 lebih baik dari metode Bina Marga 1987. Hal ini lebih bersifat kondisional, mengingat metode yang digunakan disesuaikan dengan situasi dan kondisi ruas jalan berbeda.

6.2. Saran

Berdasarkan pengamatan langsung, perhitungan dan analisis tebal lapis keras lentur terhadap ruas Jalan Solo Km (8.8) (STA 8+800) ke arah Timur Yogyakarta, sepanjang 3.200 meter sampai Km 12 (STA 12+000) berdasarkan metode Bina Marga 1987 (Metode Analisis Komponen, SKBI-2.3.26.1987, UDC : 625.73 (02) dan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986), penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Bina Marga 1987, lapis keras lentur yang ada sekarang ini tidak mampu lagi mendukung beban lalu lintas sampai tahun 2003, sehingga pada tahun 2002 perlu dilakukan peningkatan jalan ("Overlay"),
2. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode AASHTO 1986, lapis keras lentur yang ada sekarang ini tidak mampu lagi mendukung beban lalu lintas sampai tahun 2001, sehingga pada tahun 2000 perlu dilakukan peningkatan jalan ("Overlay"),
3. Pada setiap kurun waktu 5 tahun sekali, perlu dilakukan evaluasi kinerja lapis keras, sehingga jika terjadi perubahan volume lalu lintas yang besar dapat diantisipasi secara dini,
4. Perawatan ruas jalan ("Maintenance") sebaiknya dilakukan secara periodik setiap akhir tahun, sehingga jika terjadi hal-hal yang diperlukan berkaitan dengan ruas jalan dapat segera diantisipasi,

5. Pemantauan terhadap kendaraan yang melintasi ruas jalan harus dilakukan secara rutin untuk menekan volume beban lalu lintas yang melebihi batas yang diizinkan.
6. Analisis ini akan lebih lengkap jika aspek lalu lintasnya ditinjau lebih rinci untuk dipadukan dengan aspek struktur lapis keras, sehingga diperoleh hasil akhir yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association Of State Highway and Transportation Officials, 1986, **AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES**, Washington D.C 2001.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1980, **UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 13 TAHUN 1980 TENTANG JALAN**, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1983, **MANUAL PEMERIKSAAN PERKERASAN JALAN DENGAN ALAT BENKELMAN BEAM NO.01/MN/B/1983**, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1983, **PEDOMAN PENENTUAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA NO.01/PD/B/1983**, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1985, **PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 25 TAHUN 1985 TENTANG JALAN**, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1997, **PETUNJUK PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA DENGAN METODE ANALISA KOMPONEN SKBI.2.3.26.1987 UDC : 625.73 (02)**, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1990, **PANDUAN PENENTUAN KLASIFIKASI FUNGSI JALAN DI WILAYAH PERKOTAAN No 010/T/BNKT/ 1990**, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Sub Direktorat
Perencanaan Teknis Jalan Bipran Bina Marga, 1990 , **SPESIFIKASI
STANDAR UNTUK PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN LUAR
KOTA (RANCANGAN AKHIR)**, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Bina Jalan
Kota, 1996, **KONSEP LAPORAN AKHIR PEKERJAAN STUDI
AMDAL JALAN PERKOTAAN**, PT. Geomarindex, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Bina Jalan
Kota (Binkot), 1997, **MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA
(MKJI)**, PT. Bina Karya , Bandung.

Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya Propinsi DIY dan UGM, 1990,
**LAPORAN KEMAJUAN I STUDI SISTEM TRANSPORTASI
WILAYAH DIY**, Yogyakarta.

-----, 1990, **LAPORAN KEMAJUAN II SUPLEMEN DATA
STUDI SISTEM TRANSPORTASI WILAYAH DIY**, Yogyakarta.

-----, 1991, **LAPORAN SURVEY ANGKUTAN ANTAR KOTA
DALAM PROPINSI DIY STUDI SISTEM TRANSPORTASI
WILAYAH DIY**, Yogyakarta.

-----, 1991, **LAPORAN AKHIR STUDI SISTEM TRANSPORTASI
WILAYAH DIY**, Yogyakarta.

Departemen Pekerjaan Umum Sub Dinas Bina Marga Bagian Proyek Peningkatan
Jalan dan Penggantian Jembatan Propinsi DIY, 1997, **ARSIP DAN
DOKUMEN PROYEK PENINGKATAN JALAN MAGUWO –
PRAMBANAN YOGYAKARTA**, Yogyakarta.

Hasil Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode Bina Marga 1987

Item	Tahun Analisis				
	2000	2001	2002	2003	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
LHR (Kend/Hr/1 Arah)	9.102	9.786	10.518	11.306	
LEP (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)	2.655	2.655	2.655	2.655	
LEA (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)	2.655	2.858	3.066	3.295	
LET (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)	2.655	2.757	2.860,5	2.975	
LER (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)	265,50	551,40	858,15	1.190	
ITP ₁	2,6	2,9	3,1	3,7	
ITP ₂	4,4	4,8	5,5	6,6	
ITP ₃	7,6	8,6	9,3	10,3	
D ₁ (Cm)	7,0	8,0	8,5	9,5	
D ₂ (Cm)	20	20	20	21,5	
D ₃ (Cm)	16,5	21,5	25,5	28,5	

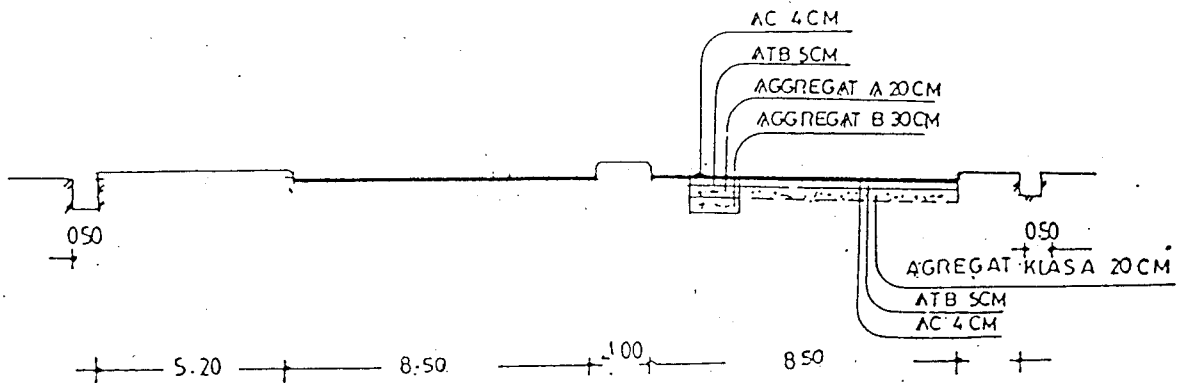
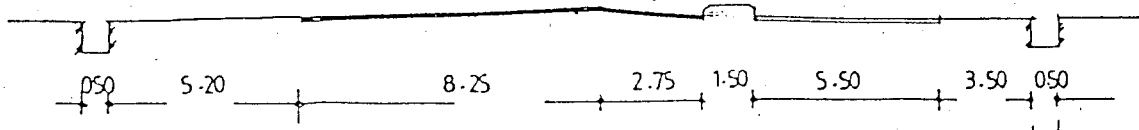
Hasil Analisis Tebal Lapis Keras Lentur Ruas Jalan Solo Km 8,8 dengan Metode AASHTO 1986

(1)	(2)	(3)
18 Kips ESAL	50.000	103.750
SN ₁	1,20	1,40
SN ₂	1,75	1,95
SN ₃	2,20	2,40
D ₁ (Inch)	3,54	4,13
D ₁ (Cm)	9,00	10,5
D ₂ (Inch)	4,72	4,72
D ₂ (Cm)	12,0	12,0
D ₃ (Inch)	4,92	4,92
D ₃ (Cm)	12,5	12,5

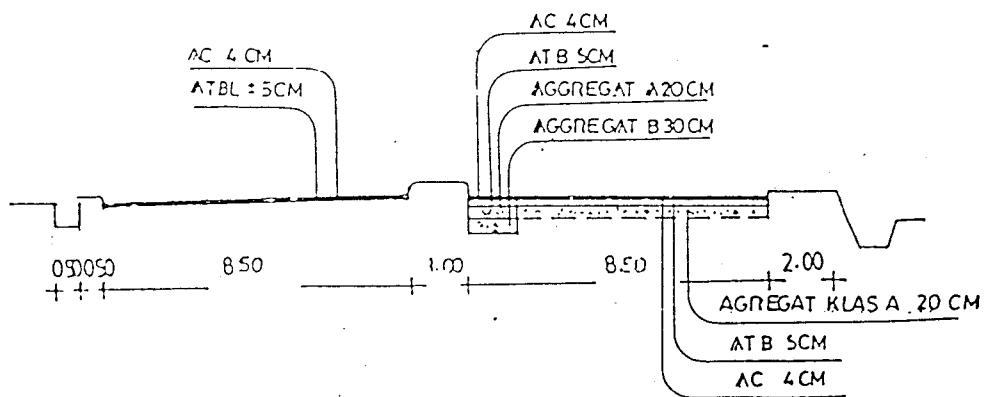
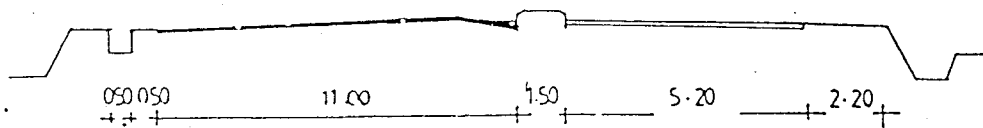
TIPICAL MAGUWO - AKSESTOL

Lampiran 4.a

STA 8+800 S/D 9+770



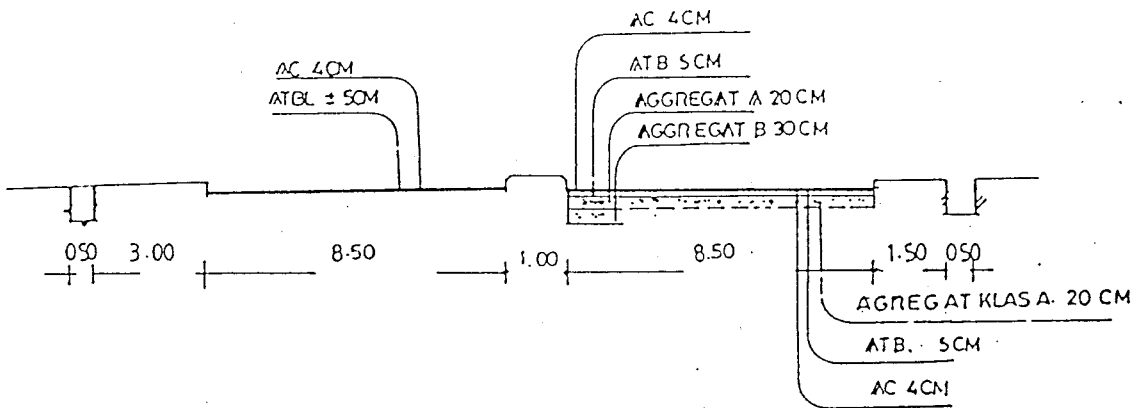
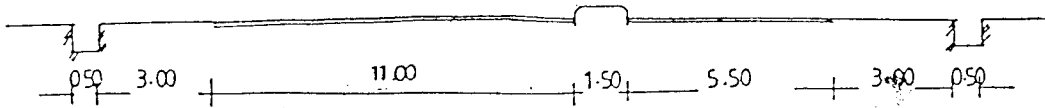
STA 9+770 S/D 10+000



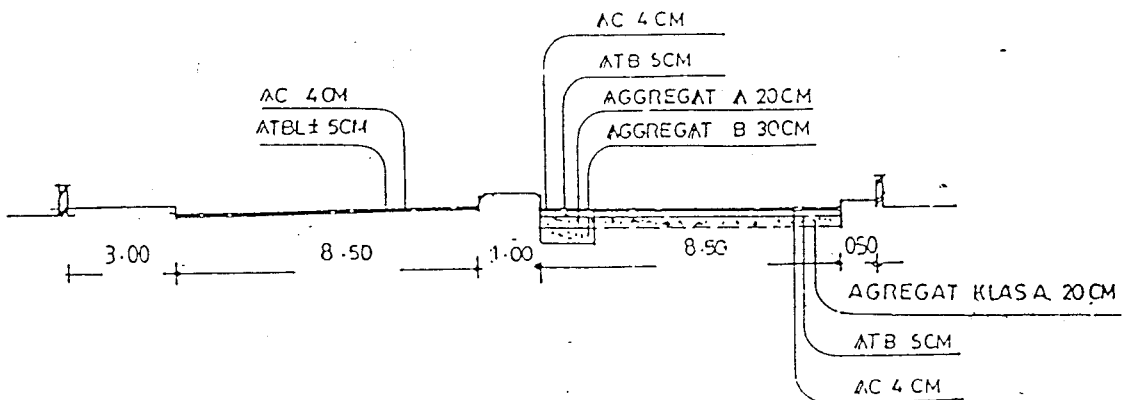
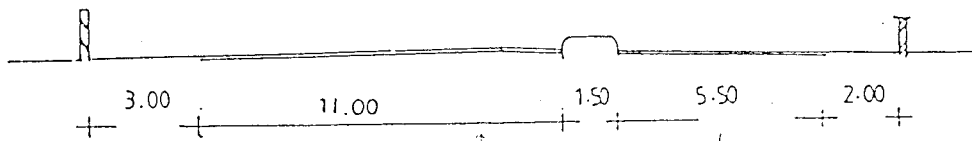
PAKET : MAGUWO PRAMBANAN (AKSES TOLL)	PROPINSI DIY	KODE PROYEK TH 97/98	JML LEMBAR	LEMBAR NO
---------------------------------------	-----------------	-------------------------	------------	-----------

TIPICAL POTONGAN MELINTANG

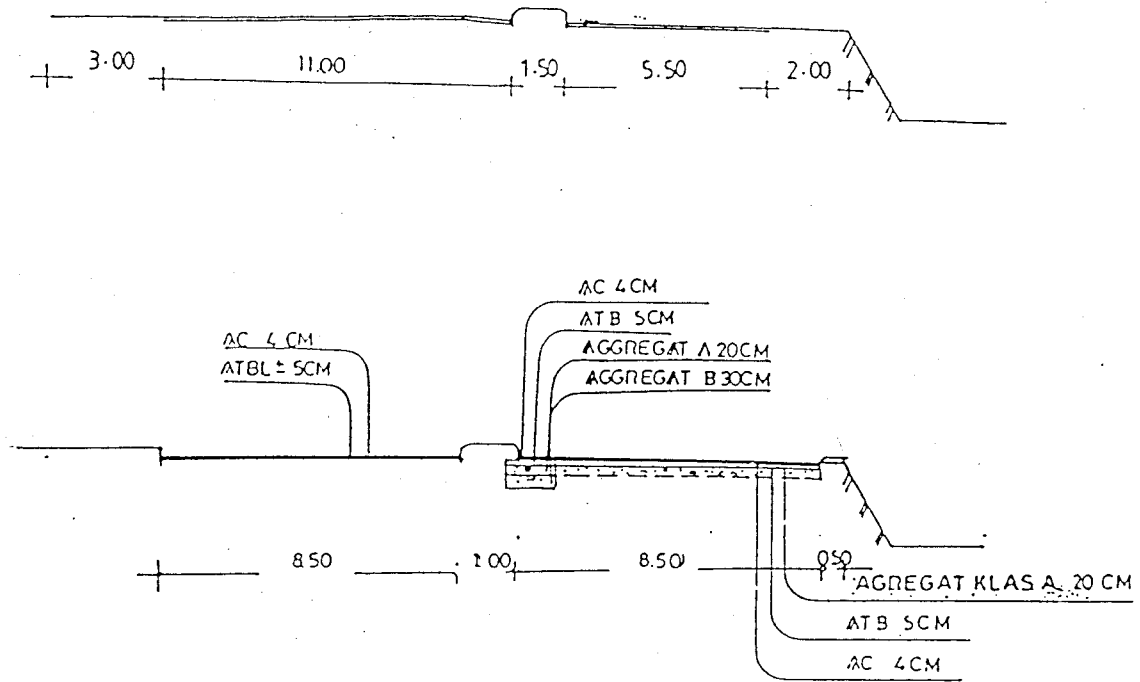
STA 10+000 S/D 10+688



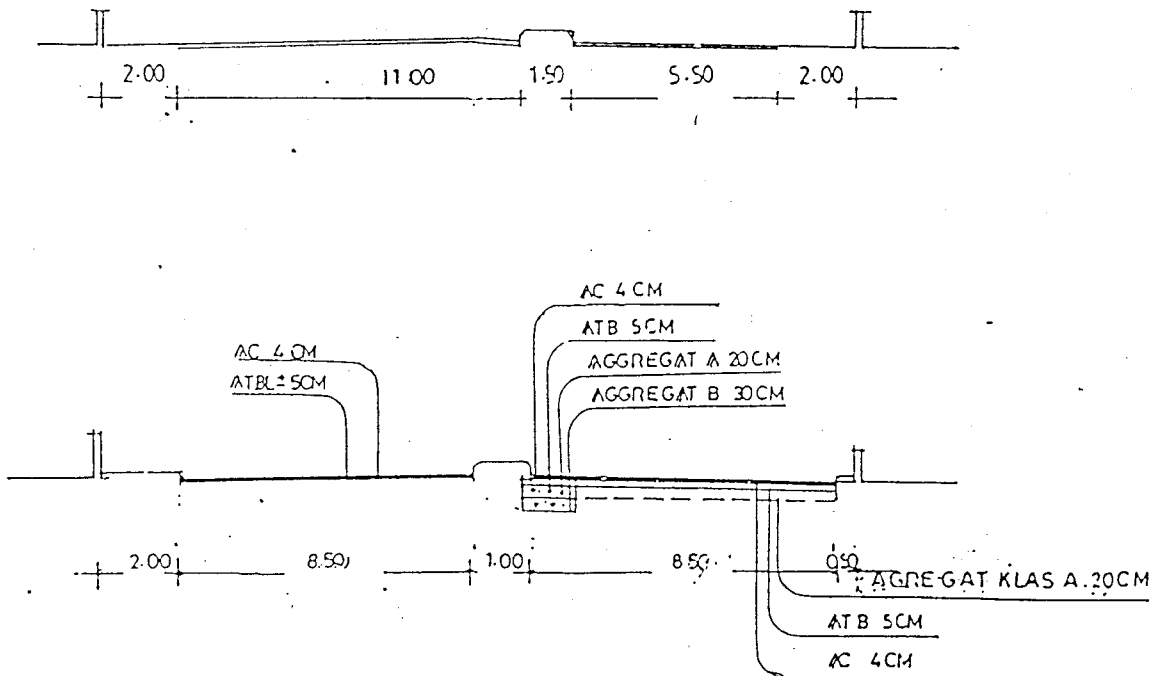
STA 10+688 S/D 10+772

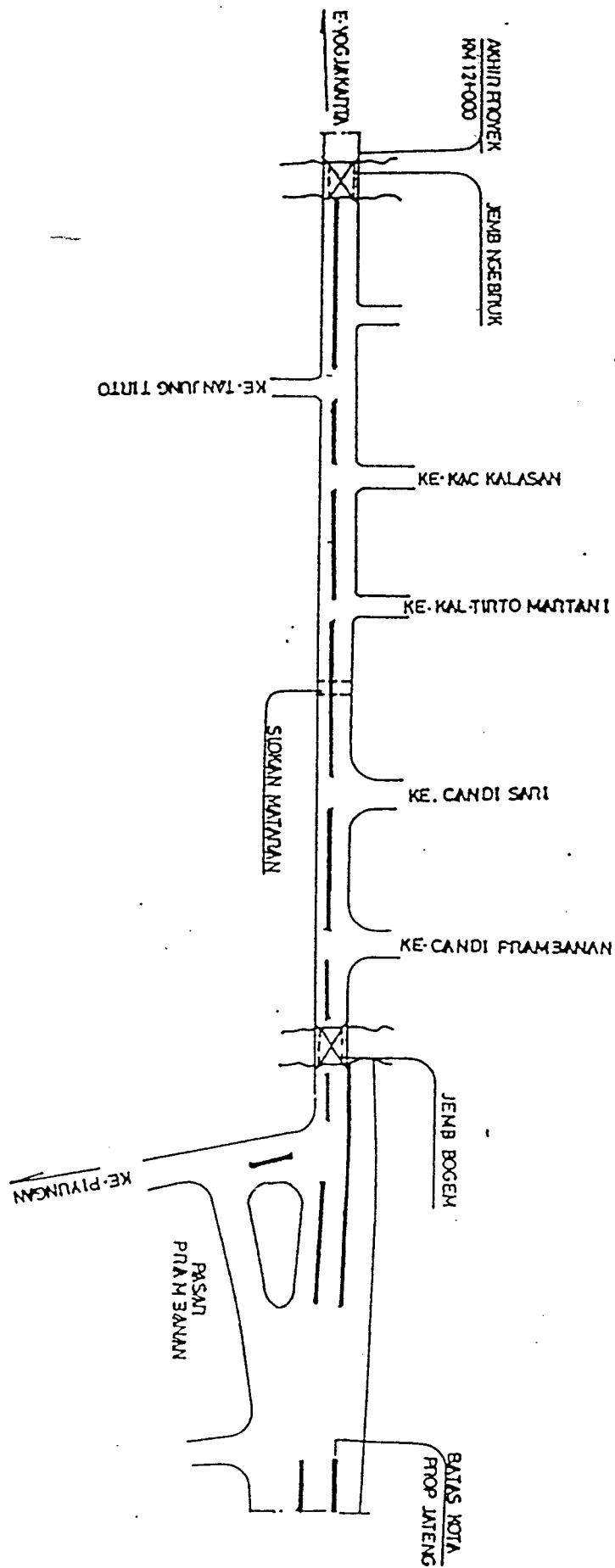


STA 10+772 S/D 10+808



STA 10+808 S/D 12+000

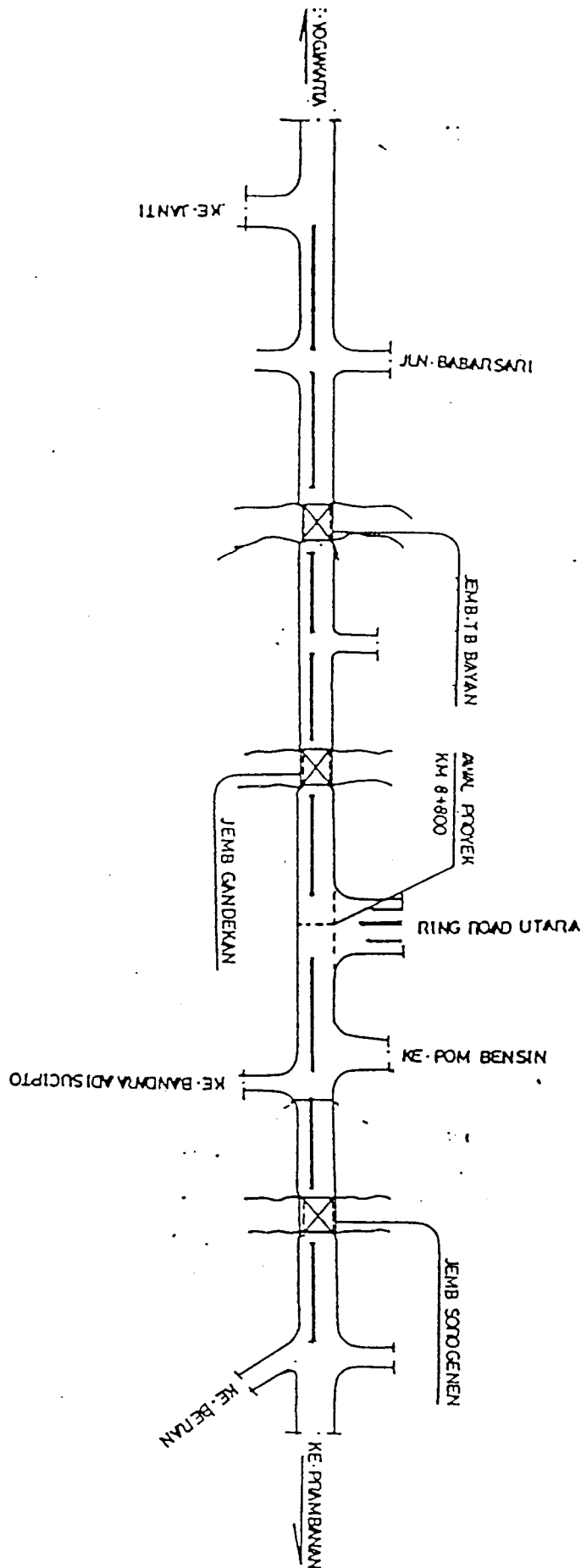




SITUASI
AKSES TOLL-PRAMBANAN

KONTRAK	PAKET :MAGUWO-PRAMBANAN(AKSES TOLL)	PROVINSI DIY	KODE PROYEK/TH 97/98	JML. LEMBAR 2	LEMBAR NO 2
---------	-------------------------------------	-----------------	-------------------------	------------------	----------------

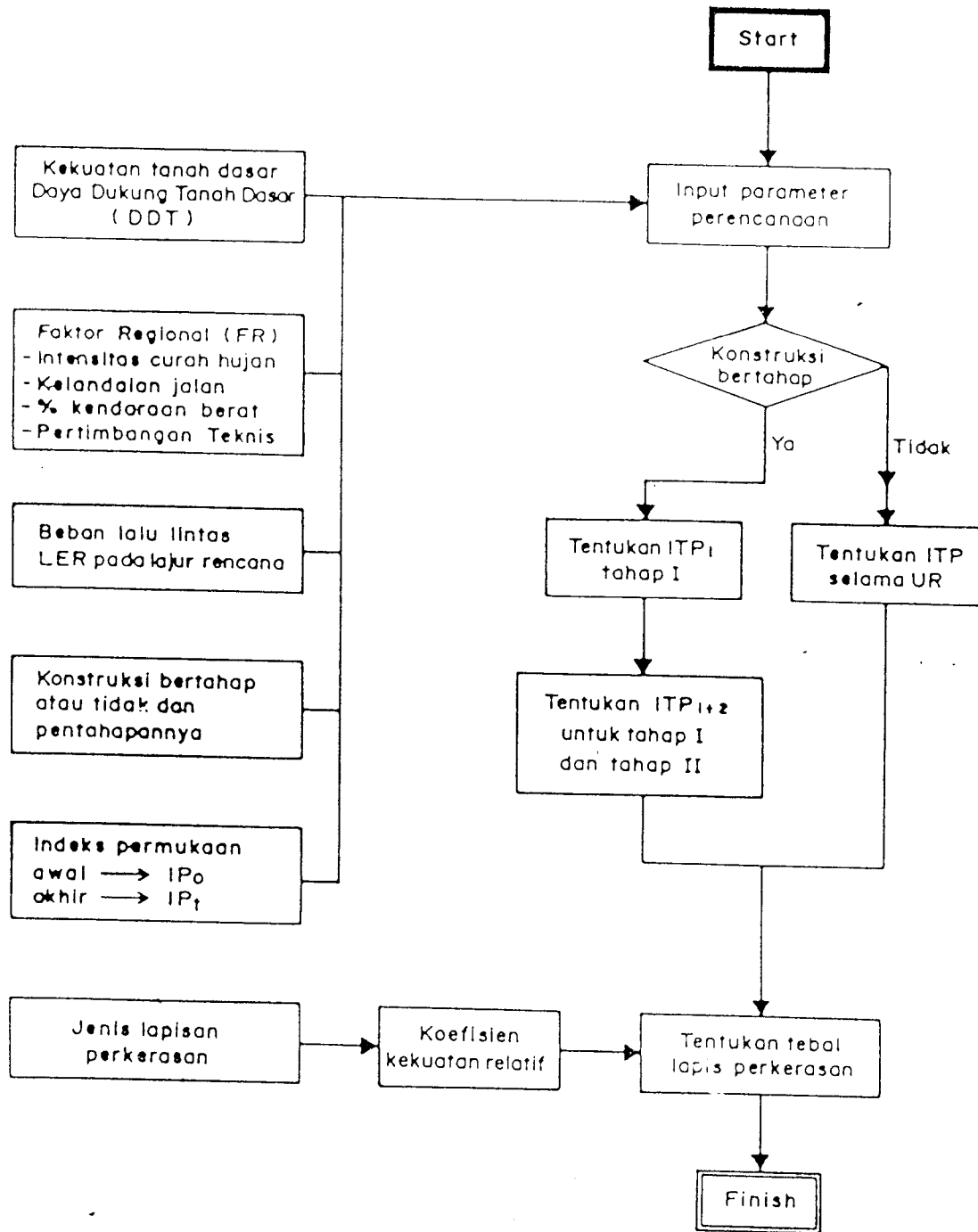
JUDUL : GAMBAR SITUASI



SITUASI
MAGUWO - AKSES TOLL

KONTRAK	PAKET : MAGUWO-PRAMBANAN (AKSES TOLL)	PROVINSI DIY	KODE PROYEK/TH 97/98	JML. LEMBAR 2	LEMBAR NO 1
---------	---------------------------------------	-----------------	-------------------------	------------------	----------------

JUDUL : **GAMBAR SITUASI**



FORMULIR SURVAI VOLUME BEBAN LALU LINTASANALISIS TEBAL LAPIS KERAS RUAS JALAN SOLO KM 8,8 DENGAN
METODE BINA MARGA DAN AASHTO 1986

Ruas Jalan	Jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) Sampai Km 12 (STA 12+000)								
Lokasi	Jalan Solo Km 11 (STA 11+000)								
Hari/Tgl	Senin/19 April 1999								
Arah	Masuk (Ke Yogyakarta)								
Gol. Kend	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Jumlah
Jenis Kend	MP	Bus	Truk	Truk	Truk	Trailer	Trailer	Trailer	
Tipe Sumbu	1.1	1.2	1.2L	1.2H	1.22	1.2 - 2	1.2 - 22	1.2 + 2.2	
Berat (Ton)	2	9	8,3	18,2	25	26,2	42	31,4	
E_{Maks}	0,0004	0,3006	0,2174	5,0264	2,7416	6,1170	10,1830	4,9283	
Waktu	Sedan, Jeep, SW, Kom binasi, Pickup, Mini Bus	Bus Kecil, Bus Sedang, Bus Besar	Truk Ringan	Truk Berat	Truk Tandem (Tronton)	Truk Semi Trailer Menengah	Truk Semi Trailer Berat, Truk Peti Kemas	Truk Gandeng	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
06 - 07	183	48	3	3	6	4	0	4	251
07 - 08	254	20	4	2	7	0	1	2	290
08 - 09	260	53	1	1	3	2	0	1	322
09 - 10	220	21	2	5	3	3	0	0	254
10 - 11	301	60	5	4	0	0	0	0	370
11 - 12	224	70	2	3	0	4	2	2	307
12 - 13	255	81	3	5	0	2	0	1	347
13 - 14	261	85	5	25	0	4	0	1	381
14 - 15	280	25	10	21	2	3	1	0	342
15 - 16	325	34	39	22	1	2	1	0	424
16 - 17	341	67	22	8	0	0	2	2	442
17 - 18	370	51	26	5	2	0	3	2	459
18 - 19	256	22	32	4	3	4	2	1	324
19 - 20	402	25	75	1	1	0	1	0	505
20 - 21	335	38	55	0	4	0	0	2	434
21 - 22	195	44	128	2	4	0	0	2	375
22 - 23	120	48	120	10	7	2	1	2	310
23 - 00	185	52	111	11	7	1	0	1	368
00 - 01	256	16	88	12	7	0	0	4	383
01 - 02	247	60	72	13	12	0	2	9	415
02 - 03	220	50	33	14	0	0	0	10	327
03 - 04	236	36	21	13	0	4	3	12	325
04 - 05	195	92	26	15	2	4	1	11	346
05 - 06	180	65	38	19	4	1	0	4	311
Total	6101	1163	921	218	75	40	20	73	8611
% Per Gol	70,85	13,51	10,70	2,53	0,87	0,46	0,23	0,85	100
PHV	402	92	128	25	12	4	3	12	505
Keterangan									Surveyor (.....)

FORMULIR SURVAI VOLUME BEBAN LALU LINTAS

ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS RUAS JALAN SOLO KM 8,8 DENGAN
METODE BINA MARGA DAN AASHTO 1986

Ruas Jalan	Jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) Sampai Km 12 (STA 12+000)								
Lokasi	Jalan Solo Km 11 (STA 11+000)								
Hari/Tgl	Senin/19 April 1999								
Arah	Keluar (Ke Prambanan)								
Gol. Kend	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Jumlah
Jenis Kend	MP	Bus	Truk	Truk	Truk	Trailer	Trailer	Trailer	
Tipe Sumbu	1.1	1.2	1.2L	1.2H	1.22	1.2 - 2	1.2 - 22	1.2 + 2.2	
Berat (Ton)	2	9	8,3	18,2	25	26,2	42	31,4	
E_{Maks}	0,0004	0,3006	0,2174	5,0264	2,7416	6,1170	10,1830	4,9283	
Waktu	Sedan, Jeep, SW, Kom binasi, Pickup, Mini Bus	Bus Kecil, Bus Sedang, Bus Besar	Truk Ringan	Truk Berat	Truk Tandem (Tronton)	Truk Semi Trailer Menengah	Truk Semi Trailer Berat, Truk Peti Kemas	Truk Gandeng	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
06 - 07	255	16	11	1	1	4	1	0	289
07 - 08	192	52	39	0	0	0	0	1	284
08 - 09	121	48	21	2	1	0	1	0	194
09 - 10	194	44	26	3	1	0	2	0	270
10 - 11	435	38	32	2	2	0	1	0	510
11 - 12	402	25	5	1	0	0	3	1	437
12 - 13	255	22	3	5	2	0	0	1	288
13 - 14	371	51	2	4	3	0	0	0	431
14 - 15	342	67	5	3	1	1	0	0	419
15 - 16	324	34	2	5	4	0	1	0	370
16 - 17	381	25	0	3	7	0	1	0	417
17 - 18	210	85	4	19	5	1	0	1	325
18 - 19	254	81	3	15	0	0	0	1	354
19 - 20	225	71	38	14	3	0	0	1	352
20 - 21	301	61	26	13	10	1	1	0	413
21 - 22	221	20	21	13	2	2	0	0	279
22 - 23	259	52	32	12	0	2	0	1	358
23 - 00	254	22	73	11	1	3	0	2	366
00 - 01	127	27	87	10	3	0	2	4	260
01 - 02	194	66	112	4	2	2	1	3	384
02 - 03	81	63	120	5	3	4	2	3	281
03 - 04	118	27	128	8	3	0	3	2	289
04 - 05	221	16	55	22	10	2	2	3	331
05 - 06	246	30	75	21	9	2	1	5	389
Total	5983	1043	920	196	73	24	22	29	8290
% Per Gol	72,17	12,58	11,10	2,36	0,88	0,29	0,27	0,35	100
PHV	435	85	128	22	10	4	5	5	510
Keterangan									Surveyor (.....)

FORMULIR SURVAI VOLUME BEBAN LALU LINTAS

ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS RUAS JALAN SOLO KM 8,8 DENGAN
METODE BINA MARGA DAN AASHTO 1986

Ruas Jalan	Jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) Sampai Km 12 (STA 12+000)								
Lokasi	Jalan Solo Km 11 (STA 11+000)								
Hari/Tgl	Jumat/23 April 1999								
Arah	Masuk (Ke Yogyakarta)								
Gol. Kend	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Jumlah
Jenis Kend	MP	Bus	Truk	Truk	Truk	Trailer	Trailer	Trailer	
Tipe Sumbu	1.1	1.2	1.2L	1.2H	1.22	1.2 - 2	1.2 - 22	1.2 + 2.2	
Berat (Ton)	2	9	8,3	18,2	25	26,2	42	31,4	
E _{Maks}	0,0004	0,3006	0,2174	5,0264	2,7416	6,1170	10,1830	4,9283	
Waktu	Sedan, Jeep, SW, Kom binasi, Pickup, Mini Bus	Bus Kecil, Bus Sedang, Bus Besar	Truk Ringan	Truk Berat	Truk Tandem (Tronton)	Truk Semi Trailer Menengah	Truk Semi Trailer Berat, Truk Peti Kemas	Truk Gandeng	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
06 - 07	187	26	31	0	8	2	0	4	258
07 - 08	342	46	24	5	10	1	0	1	429
08 - 09	371	22	31	2	10	1	0	0	437
09 - 10	305	50	31	4	0	2	1	0	393
10 - 11	402	24	26	4	2	1	1	3	463
11 - 12	335	60	26	3	3	3	0	3	433
12 - 13	195	73	41	6	7	1	1	0	324
13 - 14	170	81	44	24	0	1	1	0	321
14 - 15	137	34	39	21	2	1	1	1	236
15 - 16	254	65	38	22	10	1	1	1	392
16 - 17	245	92	38	8	3	2	1	0	389
17 - 18	270	36	38	5	0	0	2	2	353
18 - 19	119	51	41	4	5	0	1	1	222
19 - 20	132	61	29	1	7	0	1	1	232
20 - 21	194	14	44	0	4	4	0	0	260
21 - 22	127	52	62	2	1	2	1	0	247
22 - 23	254	48	62	10	3	0	2	0	379
23 - 00	258	42	74	11	2	0	4	2	393
00 - 01	221	38	32	12	0	2	3	3	311
01 - 02	301	28	21	13	2	4	3	8	380
02 - 03	226	24	15	19	5	3	3	11	306
03 - 04	300	52	15	15	4	2	2	9	399
04 - 05	225	66	39	28	0	4	5	10	377
05 - 06	254	34	48	13	1	0	3	9	362
Total	5824	1119	889	232	89	37	37	69	8296
% Per Gol	70,20	13,49	10,72	2,79	1,07	0,45	0,45	0,83	100
PHV	402	81	74	28	10	4	5	10	463
Keterangan									Surveyor (.....)

FORMULIR SURVAY VOLUME BEBAN LALU LINTAS

ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS RUAS JALAN SOLO KM 8,8 DENGAN
METODE BINA MARGA DAN AASHTO 1986

Ruas Jalan	Jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) Sampai Km 12 (STA 12+000)								
Lokasi	Jalan Solo Km 11 (STA 11+000)								
Hari/Tgl	Sabtu/24 April 1999								
Arah	Masuk (Ke Yogyakarta)								
Gol. Kend	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Jumlah
Jenis Kend	MP	Bus	Truk	Truk	Truk	Trailer	Trailer	Trailer	
Tipe Sumbu	1.1	1.2	1.2L	1.2H	1.22	1.2 - 2	1.2 - 22	1.2 + 2.2	
Berat (Ton)	2	9	8.3	18,2	25	26.2	42	31,4	
E _{Maks}	0,0004	0,3006	0,2174	5,0264	2,7416	6,1170	10,1830	4,9283	
Waktu	Sedan, Jeep, SW, Kom binasi, Pickup, Mini Bus	Bus Kecil, Bus Sedang, Bus Besar	Truk Ringan	Truk Berat	Truk Tandem (Tronton)	Truk Semi Trailer Menengah	Truk Semi Trailer Berat, Truk Peti Kemas	Truk Gandeng	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
06 - 07	125	54	28	21	4	0	0	1	233
07 - 08	210	78	38	10	0	0	0	0	336
08 - 09	311	104	45	3	3	2	0	0	468
09 - 10	308	81	45	15	0	4	1	0	454
10 - 11	341	82	39	11	2	1	0	4	480
11 - 12	322	99	49	7	0	0	0	1	478
12 - 13	286	81	37	0	1	0	0	1	406
13 - 14	301	81	71	0	0	0	1	0	454
14 - 15	324	94	61	0	0	0	1	4	484
15 - 16	300	84	54	3	4	6	1	7	459
16 - 17	431	88	49	0	0	2	0	6	576
17 - 18	402	55	37	1	1	3	0	0	494
18 - 19	390	32	32	9	4	1	1	0	464
19 - 20	372	31	18	1	5	0	2	4	433
20 - 21	321	24	35	3	0	5	0	4	392
21 - 22	273	16	35	15	0	4	0	3	346
22 - 23	202	19	48	11	8	4	3	2	297
23 - 00	184	15	44	11	12	4	1	0	271
00 - 01	173	11	21	26	7	8	2	6	254
01 - 02	96	15	19	35	8	2	2	9	186
02 - 03	95	21	15	31	11	3	6	14	196
03 - 04	31	26	42	40	10	4	8	10	171
04 - 05	101	32	35	18	8	3	6	10	213
05 - 06	120	41	28	9	3	2	4	3	210
Total	6019	1264	925	280	91	58	39	89	8765
% Per Gol	58,67	14,42	10,55	3,19	1,04	0,66	0,44	1,01	100
PHV	431	104	71	40	12	8	8	10	576
Keterangan									Surveyor (.....)

FORMULIR SURVAI VOLUME BEBAN LALU LINTASANALISIS TEBAL LAPIS KERAS RUAS JALAN SOLO KM 8.8 DENGAN
METODE BINA MARGA DAN AASHTO 1986

Ruas Jalan	Jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) Sampai Km 12 (STA 12+000)								
Lokasi	Jalan Solo Km 11 (STA 11+000)								
Hari/Tgl	Sabtu/24 April 1999								
Arah	Keluar (Ke Prambanan)								
Gol. Kend	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Jumlah
Jenis Kend	MP	Bus	Truk	Truk	Truk	Trailer	Trailer	Trailer	
Tipe Sumbu	1.1	1.2	1.2L	1.2H	1.22	1.2 - 2	1.2 - 22	1.2 + 2.2	
Berat (Ton)	2	9	8,3	18,2	25	26,2	42	31,4	
E _{Maks}	0,0004	0,3006	0,2174	5,0264	2,7416	6,1170	10,1830	4,9283	
Waktu	Sedan, Jeep, SW, Kom binasi, Pickup, Mini Bus	Bus Kecil, Bus Sedang, Bus Besar	Truk Ringan	Truk Berat	Truk Tandem (Tronton)	Truk Semi Trailer Menengah	Truk Semi Trailer Berat, Truk Peti Kemas	Truk Gandeng	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
06 - 07	181	38	22	19	4	1	0	3	268
07 - 08	185	68	25	8	1	1	0	1	289
08 - 09	289	111	38	2	2	1	0	0	443
09 - 10	202	102	41	4	2	0	1	1	353
10 - 11	288	98	26	4	1	0	1	2	420
11 - 12	278	92	18	9	0	1	2	0	400
12 - 13	231	88	19	3	0	2	0	0	343
13 - 14	250	80	11	3	0	0	0	0	344
14 - 15	381	94	69	6	1	0	0	2	553
15 - 16	269	84	68	21	2	0	2	0	446
16 - 17	483	84	79	9	5	0	2	4	666
17 - 18	472	63	64	14	11	1	0	3	628
18 - 19	422	46	35	6	11	1	1	1	523
19 - 20	298	29	72	1	3	2	1	0	406
20 - 21	318	16	89	11	0	3	0	1	438
21 - 22	222	9	21	21	2	2	0	1	278
22 - 23	200	12	3	8	3	0	2	0	228
23 - 00	156	16	3	11	6	1	0	0	193
00 - 01	92	9	11	23	3	1	0	6	145
01 - 02	189	9	12	29	7	2	4	5	257
02 - 03	104	19	17	27	7	1	2	10	187
03 - 04	100	22	28	16	5	1	4	2	178
04 - 05	134	31	31	9	4	2	3	5	219
05 - 06	148	32	39	7	4	1	3	2	236
Total	5892	1252	841	271	84	24	28	49	8441
% Per Gol	69,80	14,84	9,96	3,21	1,00	0,28	0,33	0,58	100
PIIV	483	111	89	29	11	3	4	10	666
Keterangan									Surveyor (.....)

VOLUME BEBAN LALU LINTAS SEKUNDER

RUAS JALAN SOLO - PRAMBANAN TAHUN 1990

Ruas Jalan	Jalan Solo Km 8,8 (STA 8+800) Sampai Km 12 (STA 12+000)								
Lokasi	Jalan Solo Km 11 (STA 11+000)								
Hari/Tgl	Sabtu/24 Maret 1990								
Arah	Masuk (Ke Yogyakarta)								
Gol. Kend	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Jumlah
Jenis Kend	MP	Bus	Truk	Truk	Truk	Trailer	Trailer	Trailer	
Tipe Sumbu	1.1	1.2	1.2L	1.2H	1.22	1.2 - 2	1.2 - 22	1.2 + 2.2	
Berat (Ton)	2	9	8,3	18,2	25	26,2	42	31,4	
E_{Maks}	0,0004	0,3006	0,2174	5,0264	2,7416	6,1170	10,1836	4,9283	
Waktu	Sedan, Jeep, SW, Kom binasi, Pickup, Mini Bus	Bus Kecil, Bus Sedang, Bus Besar	Truk Ringan	Truk Berat	Truk Tandem (Tronton)	Truk Semi Trailer Mencengah	Truk Semi Trailer Berat, Truk Peti Kemas	Truk Gandeng	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
06 - 07	84	40	16	18	14	1	3	8	184
07 - 08	155	60	28	6	9	1	2	5	266
08 - 09	241	78	38	0	4	1	0	0	362
09 - 10	223	57	40	0	4	0	0	1	328
10 - 11	226	65	39	4	4	2	0	4	344
11 - 12	204	67	37	16	2	0	0	0	326
12 - 13	221	61	50	6	3	1	1	0	343
13 - 14	253	60	36	5	2	6	0	0	362
14 - 15	313	65	47	0	4	1	0	0	430
15 - 16	304	63	42	4	3	3	2	3	424
16 - 17	341	65	37	0	6	4	0	0	453
17 - 18	340	44	30	1	1	1	0	0	417
18 - 19	343	60	22	7	1	2	0	0	435
19 - 20	329	30	9	5	5	1	0	0	379
20 - 21	214	24	27	6	2	1	1	0	275
21 - 22	156	17	16	4	1	1	1	1	197
22 - 23	186	9	17	0	1	1	1	2	217
23 - 00	78	7	14	1	1	2	0	0	103
00 - 01	54	10	7	0	3	0	0	0	74
01 - 02	48	5	8	0	1	1	0	1	64
02 - 03	41	11	8	3	0	0	0	0	63
03 - 04	29	32	21	1	0	0	0	3	86
04 - 05	53	38	17	2	0	0	0	2	112
05 - 06	50	37	16	2	25	2	0	2	111
Total	4486	1005	622	91	73	35	11	32	6355
% Per Gol	70,59	15,81	9,79	1,43	1,15	0,55	0,17	0,51	100
PIV	343	78	50	18	14	0	3	5	453

Sumber :

- Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya Propinsi DIY

- Dinas Pekerjaan Umum Propinsi DIY

- Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum

VOLUME BEBAN LALU LINTAS SEKUNDER
RUAS JALAN SOLO - PRAMBANAN TAHUN 1990

Ruas Jalan	Jalan Solo - Prambanan								
Lokasi	Jalan Solo Km 12,5 (STA 121500)								
Hari/Tgl	Sabtu/24 Maret 1990								
Arah	Keluar (Ke Prambanan)								
Col. Kend	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Jumlah
Jenis Kend	MP	Bus	Truk	Truk	Truk	Trailer	Trailer	Trailer	
Tipe Sumbu	1.1	1.2	1.2L	1.2H	1.22	1.2 - 2	1.2 - 22	1.2 + 2.2	
Berat (Ton)	2	9	8,3	18,2	25	26,2	42	31,4	
E-Maks	0,0004	0,3006	0,2174	5,0264	2,7416	6,1170	10,1830	4,9285	
Waktu	Sedan, Jeep, SW, Kom binasi, Pickup, Mini Bus	Bus Kecil, Bus Sedang, Bus Besar	Truk Ringan	Truk Berat	Truk Tandem (Tronton)	Truk Semi Trailer Menengah	Truk Semi Trailer Berat, Truk Peti Kemas	Truk Gandeng	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
06 - 07	71	56	21	7	1	0	0	2	158
07 - 08	127	53	18	7	2	0	0	2	209
08 - 09	173	56	33	38	2	1	1	0	304
09 - 10	230	700	43	42	1	1	0	0	387
10 - 11	282	64	52	0	8	4	2	4	416
11 - 12	210	52	59	4	7	3	2	3	340
12 - 13	277	61	61	4	3	2	1	1	410
13 - 14	280	66	53	0	4	0	0	1	404
14 - 15	328	74	36	27	5	0	0	4	474
15 - 16	299	71	48	17	4	0	0	0	439
16 - 17	277	80	35	16	7	0	0	3	418
17 - 18	295	70	29	17	4	1	0	0	416
18 - 19	284	42	21	2	1	1	1	3	355
19 - 20	252	26	27	5	2	0	0	1	313
20 - 21	192	21	26	5	3	0	2	0	249
21 - 22	180	20	18	0	7	0	1	1	227
22 - 23	138	14	17	9	2	0	0	0	180
23 - 00	66	9	9	4	6	0	0	0	94
00 - 01	49	8	10	3	0	1	1	0	72
01 - 02	26	2	3	2	0	1	1	1	36
02 - 03	26	6	12	1	1	0	0	0	46
03 - 04	23	7	10	0	0	0	0	0	40
04 - 05	32	16	11	0	1	2	1	4	67
05 - 06	60	36	16	0	1	1	1	2	117
Total	4177	980	668	210	72	18	14	32	6171
% Per Gol	67,69	15,88	10,82	3,40	1,17	0,29	0,23	0,52	100
PHV	328	80	61	42	8	4	2	4	474

Sumber :

- Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya Propinsi DIY
- Dinas Pekerjaan Umum Propinsi DIY
- Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum

: SABTU
 JL : 24 MARET 1990
 : YK. YOGYAKARTA-PRAMBANAN (JL. SOLO KM 12,5)

POS : 6
 ARAH : KE YOGYAKARTA *Lampiran 9.c*

	GOL I		GOL II			GOL. III			GOL. IV		GOL V			JUMLAH
	SEDAN	BUS	BUS	BUS	TRUK	TRUK	TRUK	PICK UP	SEPEDA	SEPEDA	BEDAK	ANDONG	GEROBAK	
	JEEP STAT	BESAR	SEDANG	KECIL	GANDENG	BERAT	RINGAN		MOTOR					
- 07	62	18	0	22	26	18	16	22	713	736	1	0	0	1634
- 08	125	29	2	29	17	6	28	30	696	1033	4	0	0	1999
- 09	181	48	6	24	5	0	38	60	374	58	1	0	0	795
- 10	163	28	2	27	8	0	40	60	339	132	3	1	0	803
- 11	159	24	5	36	10	4	39	67	311	119	2	0	0	775
- 12	134	27	5	35	2	16	37	70	296	117	0	2	0	741
- 13	154	29	3	29	5	6	50	67	305	180	1	1	0	830
- 14	184	23	4	33	8	5	36	69	263	52	1	0	0	678
- 15	239	32	2	31	5	0	47	74	242	59	2	0	0	733
- 16	244	33	1	29	11	4	42	60	233	40	1	1	1	700
- 17	273	35	2	28	10	0	37	68	185	35	1	0	0	574
- 18	285	24	4	16	2	1	30	55	290	74	2	0	0	783
- 19	291	32	2	26	3	7	22	52	291	52	0	0	0	773
- 20	272	16	0	14	6	5	9	57	262	37	1	0	0	679
- 21	175	10	0	14	4	6	27	39	128	23	0	0	0	426
- 22	127	6	1	10	4	4	16	29	183	16	0	0	1	397
- 23	164	8	0	1	5	0	17	22	126	3	0	0	0	346
- 24	62	4	1	2	3	1	14	16	75	8	0	0	0	136
- 01	43	8	0	2	3	0	7	11	34	12	0	1	0	121
- 02	39	5	0	0	3	0	8	9	20	3	0	0	0	87
- 03	31	9	1	1	0	3	8	10	11	4	0	0	0	73
- 04	20	26	2	4	3	1	21	9	16	5	0	0	0	107
- 05	41	28	3	7	2	2	17	12	26	29	0	0	0	167
- 06	32	15	3	19	6	2	16	18	87	33	1	0	0	232
TOTAL	3500	517	49	439	151	91	622	986	5506	2860	21	6	2	14750
JML PER GOL	3500		1005				1850		5506			2869		14750
% PER GOL	23.73		6.81				12.54		37.33			19.59		100
P H V	291	48	6	36	26	19	50	74	713	1033	4	2	1	1999
P H														

VOLUME KENDARAAN DALAM 16 JAM DAN 8 JAM

PUKUL	GOL I		GOL II			GOL. III			GOL. IV		GOL V			JUMLAH
	SEDAN	BUS	BUS	BUS	TRUK	TRUK	TRUK	PICK UP	SEPEDA	SEPEDA	BEDAK	ANDONG	GEROBAK	
	JEEP STAT	BESAR	SEDANG	KECIL	GANDENG	BERAT	RINGAN		MOTOR					
06 - 22	3068	414	39	403	126	82	514	879	5111	2763	20	5	2	13426
22 - 06	432	103	10	36	25	9	108	107	395	97	1	1	0	1324

1 : SABTU
 GGAL : 24 MARET 1990
 ASI : YOGYAKARTA-PRAMBANAM (JL. SOLO KM. 12,5)

POS : 6
 ARAH : KE PRAMBANAM *Lampiran 9.d*

KUL	GOL I			GOL II			GOL. III			GOL. IV		GOL V			JUMLAH
	SEDAN	BUS	BUS	BUS	TRUK	TRUK	TRUK	PICK UP	SEPEDA	SEPEDA	BECAK	ANDONG	GEROBAK		
	JEEP STAT	BESAR	SEDANG	KECIL	GANDENG	BERAT	RINSAN		MOTOR						
5 - 07	52	14	5	37	3	7	21	19	181	157	0	0	0	476	
7 - 08	95	25	5	23	4	7	18	32	301	74	0	0	0	584	
8 - 09	117	28	6	22	4	38	33	56	227	71	0	0	0	502	
9 - 10	173	33	4	33	2	42	43	57	324	135	0	2	0	643	
0 - 11	191	30	3	31	18	0	52	91	403	127	1	1	0	948	
1 - 12	152	29	0	23	15	4	59	58	442	171	0	0	1	954	
2 - 13	203	25	1	35	7	4	61	74	616	208	0	1	0	1235	
3 - 14	227	28	7	31	5	0	53	53	541	170	1	1	0	1117	
4 - 15	261	26	3	45	9	27	36	67	401	100	0	0	0	975	
5 - 16	240	31	5	35	4	17	48	59	401	341	0	0	0	1131	
6 - 17	208	36	2	42	10	16	35	69	488	822	0	0	1	1729	
7 - 18	219	23	10	37	5	17	29	76	424	365	0	0	0	1295	
8 - 19	232	20	5	17	6	2	21	52	343	174	1	0	1	874	
9 - 20	195	15	1	10	3	5	27	57	301	92	2	1	0	759	
0 - 21	153	12	2	7	5	5	26	39	178	33	2	0	0	462	
1 - 22	163	16	2	2	9	0	18	17	140	29	0	0	0	396	
2 - 23	112	4	1	9	2	9	17	26	100	7	0	0	0	287	
3 - 24	48	4	0	5	6	4	9	18	46	5	0	0	0	145	
0 - 01	36	5	0	3	2	3	10	13	24	1	0	0	0	97	
1 - 02	16	2	0	0	3	2	3	10	16	0	0	0	0	52	
2 - 03	22	5	0	1	1	1	12	4	11	1	0	0	0	58	
3 - 04	15	6	0	1	0	0	10	8	15	8	1	0	0	64	
4 - 05	19	15	1	0	8	0	11	13	26	15	0	0	0	198	
5 - 06	43	18	1	17	5	0	16	17	111	72	2	0	0	302	
TOTAL	3192	450	64	466	136	210	668	995	6060	3178	10	6	3	115428	
ML PER GOL	3192	990					1999		6060		3197			115428	
% PER GOL	20.69	6.35					12.96		39.28		20.72			100	
H V	261	36	10	45	18	42	61	91	616	822	2	2	1	1729	
H															

OLUME KENDARAAN DALAM 16 JAM DAN 8 JAM

KUL	GOL I			GOL II			GOL. III			GOL. IV		GOL V			JUMLAH
	SEDAN	BUS	BUS	BUS	TRUK	TRUK	TRUK	PICK UP	SEPEDA	SEPEDA	BECAK	ANDONG	GEROBAK		
	JEEP STAT	BESAR	SEDANG	KECIL	GANDENG	BERAT	RINSAN		MOTOR						
6 - 22	2881	391	61	430	109	191	580	876	5711	3069	7	6	3	114315	
2 - 06	311	59	3	36	27	19	88	109	349	109	3	0	0	1117	

REPUBLIK INDONESIA
DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

RINGKASAN HASIL PEMERIKSAAN
LAPIS PONDASI AGGREGAT KLAS B

MATERIAL :

- BATU PECAH = NANGGULAN
- SIRTU = PUNDONG

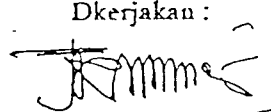
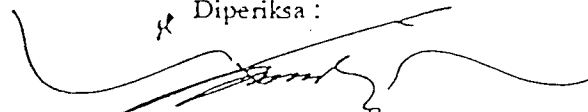
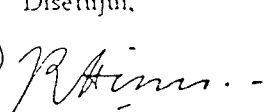
Analisa Saringan :

No. Saringan	Pemeriksaan	Spesifikasi
2 1/2 "	100	100
1 1/2 "	96,62	67 - 100
3/4 "	58,25	40 - 100
3/8 "	44,44	25 - 80
# 4	37,42	16 - 66
# 8	33,10	10 - 55
# 16	27,24	6 - 45
# 40	14,49	3 - 33
# 200	7,22	0 - 20

Pemeriksaan Laboratorium :

Sifat - Sifat Material	Pemeriksaan	Spesifikasi
Lolos Sar. No. 200 (%)	7,22	-
Kotoran Organik (%)	-	-
Keausan (Abrasi) (%)	29,76	Maks. 40
Indek Plastisitas (%)	6,67	4 - 10
Batas Cair (LL) (%)	27,8	-
Batas Plastis (PL) (%)	21,13	-
Berat Jenis (T/m ³)	2,526	-
W. Optimum (%)	7,1	-
D. Maksimum (T/m ³)	2,146	-
CBR 100 % D. Maks (%)	65 ✓	35 minimum
95 % D. Maksimum (T/m ³)	2,039	-
CBR 95 % D. Maks (%)	31	-

Seluruh hasil Pengujian dan Percobaan di Laboratorium terlampir :

<p>Dikerjakan :</p>  <p><u>FX Rabinan</u> Kontraktor</p>	<p>Diperiksa :</p>  <p>_____ Konsultan</p>	<p>Disetujui,</p>  <p>_____ Bina Marga</p>
---	--	---

REPUBLIK INDONESIA
DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

RINGKASAN HASIL PEMERIKSAAN
LAPIS PONDASI AGGREGAT KLAS A

MATERIAL :

- BATU PECAH = NANGGULAN
- SIRTU = PUNDONG

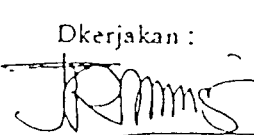
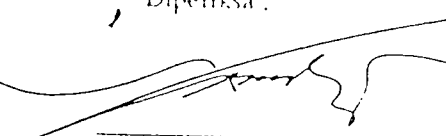
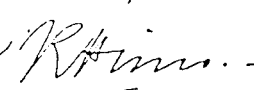
Analisa Saringan :

No. Saringan	Pemeriksaan	Spesifikasi
2 1/2 "	100	100
1 1/2 "	98,73	100
3/4 "	67,10	65 - 81
3/8 "	44,80	42 - 60
# 4	31,34	27 - 45
# 8	26,73	18 - 33
# 16	21,01	11 - 25
# 40	12,11	6 - 16
# 200	3,70	0 - 8

Pemeriksaan Laboratorium :

Sifat - Sifat Material	Pemeriksaan	Spesifikasi
Lolos Sar. No. 200 (%)	3,70	-
Kotoran Organik (%)	-	-
Keausan (Abrasi) (%)	29,76	Maks. 40
Indek Plastisitas (%)	-	-
Batas Cair (LL) (%)	-	-
Batas Plastis (PL) (%)	-	-
Berat Jenis (T/m ³)	2,524	-
W. Optimum (%)	6,10	-
D. Maksimum (T/m ³)	2,196	-
CBR 100 % D. Maks (%)	99	80 minimum
95 % D. Maksimum (T/m ³)	2,086	-
CBR 95 % D. Maks (%)	78	-

Seluruh hasil Pengujian dan Percobaan di Laboratorium terlampir :

<p>Dikerjakan :</p>  <p>FX. Rabiman Kontraktor</p>	<p>Diperiksa :</p>  <p>Konsultan</p>	<p>Disetujui.</p>  <p>Bina Marga</p>
---	---	---

KET : MAGUWO - PRAMBANAN
 KONTRAKTOR : PT. DELTAMARGA ADVATAMA
 KULTAN : PT. PUSER BUMI

RINGKASAN CAMPURAN KERJA PEKERJAAN ATB/AC/HRS

MATERIAL

- ASAL MATERIAL : CLERENG
 - ABARASI 33.26 % SOUNDNESS 5.37 %

RUMUSAN CAMPURAN KERJA DAN SIFAT-SIFAT MATERIAL

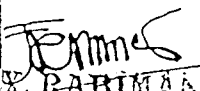
JENIS MATERIAL	UKURAN MAX	BJ. KERING OVEN	BJ. SEMU	PENYERAPAN AIR	PROPORSI TERHADAP TOTAL CAMPURAN
BT BIN I	3/4"	2.634	2.719	1.185	25.3 %
BT BIN II	1/2"	2.651	2.751	1.362	17.8 %
BT BIN III	3/8"	2.606	2.710	1.470	10.3 %
BT BIN IV	no.4	2.709	2.810	1.327	40.4 %
ASPHALT	-	-	-	-	6.2 %

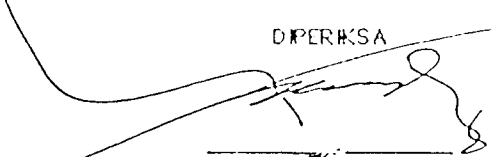
- ASPHALT DARI CLACAP (PERTAMINA) PENETRASI 60/70 BJ. ASPHALT : 1.0221

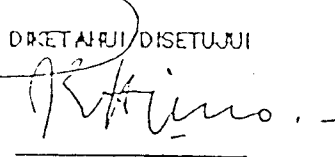
HASIL TEST MARSHALT DAN SIFAT-SIFATNYA

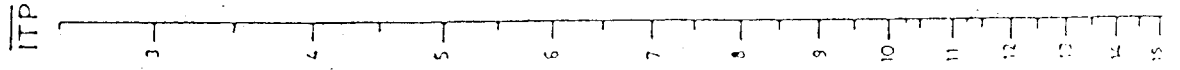
JERIS TEST	SATUAN	HASIL TEST PROPORSI HOT BIN	SPESIFIKASI	KETERANGAN
STABILITY	Kg	1139	min 750	STABILITY TERSEJAJA 83.6 %
MARSHAL. Q	KN/mm	3.52	1.8 - 5.0	
LOW	mm	3.17	-	
SIKUTINGGA UDARA	%	5.60	4.0 - 8.0	
TEBAL FILM ASPHALT	MIKRON	10.00	min 8	
PERSENTISASI CAMPURAN	G/CC	2.323	-	

TOTAL PENYERAPAN TERHADAP AIR 1.312 ESTIMASI PENYERAPAN ASPHALT = 0,5 X AIR,
 PERHITUNGAN PENYERAPAN ASPHALT = 0,5 X 1.312 = 0.656
 PERSENTISASI KADAR ASPHALT = 5.5
 PERSENTISASI TOTAL KADAR ASPHALT = 6.156 6.2

DIKERJAKAN

 RABIMAA
 KONTRAKTOR

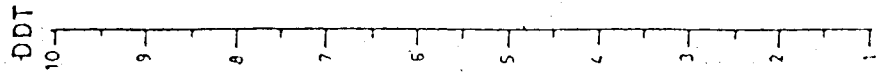
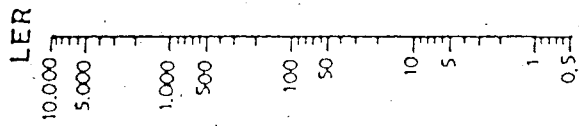
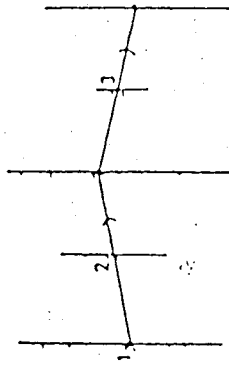
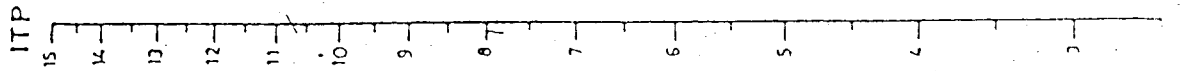
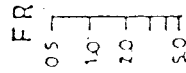
DIPERIKSA

 QUALITY ENGINEER

DIREVISI/DISETUJUI

 BINA MARGA



$$G = \log \left(\frac{IP_0 - IP_1}{4,2 - 1,5} \right) = \log (\log w - \log f)$$

$P = 8,16 t$
 $IP_0 = 2,5$
 $IP_1 = 1,4$



HYDROLOGIC SERVICE:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 + \log_{10} (S_{MI}) - 0.20 \cdot \left[\frac{A}{PSI} \right] + 2.32 \cdot \log_{10} H_R - 8.07$$

$$0.40 = \frac{1094}{(S_{MI})} - 5.19$$

Highway Pavement Structural Design

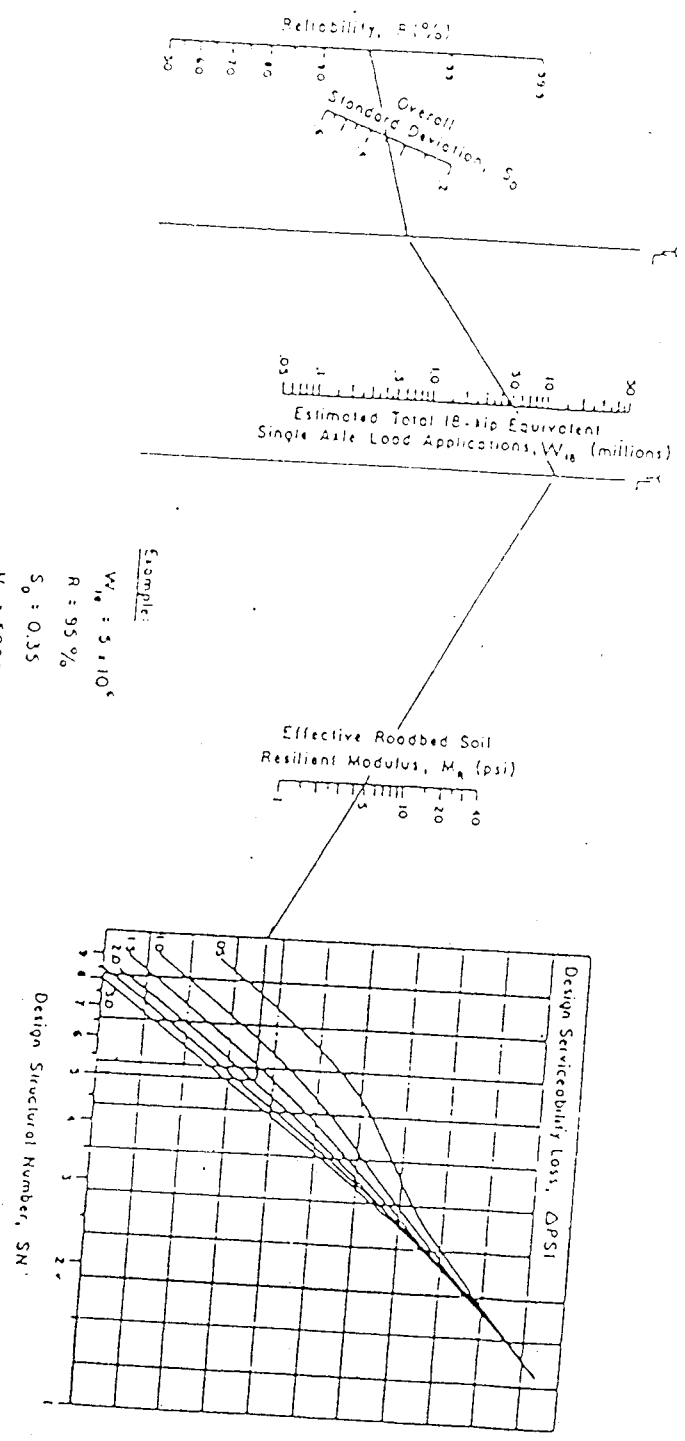


Figure 3.1. Design chart for flexible pavements based on using mean values for each input.

Design Requirements

At the AASHTO Road Test, modulus values (E_{BS} in psi) for the base were as follows:

Moisture State	Equation	Stress State (psi)			
		$\theta = 5$	$\theta = 10$	$\theta = 20$	$\theta = 30$
Dry	$8000\theta^{0.6}$	21,012	31,848	48,273	61,569
Damp	$4000\theta^{0.6}$	10,506	15,924	24,136	30,784
Wet	$3200\theta^{0.6}$	8,404	12,739	19,309	24,627

Note: E_{BS} is a function of not only moisture but also the stress state (θ). Values for the stress state within the

base course vary with the subgrade modulus and thickness of the surface layer. Typical values for use in design are:

Asphalt Concrete Thickness (inches)	Roadbed Soil Resilient Modulus (psi)		
	3,000	7,500	15,000
Less than 2	20	25	30
2 - 4	10	15	20
4 - 6	5	10	15
Greater than 6	5	5	5

For intermediate values of roadbed soil resilient modulus, interpolation can be used.

Each agency is encouraged to develop relationships for their specific base materials (e.g., $M_R = k_1\theta^{k_2}$) using AASHTO Method T274; however, in the absence of this data, values given in Table 2.3 can be used.

Granular Subbase Layers. Figure 2.7 provides a chart that may be used to estimate a structural layer coefficient, a_3 , from one of four different laboratory results on a granular subbase material, including subbase resilient modulus, E_{SB} . The AASHTO Road Test basis for these correlations is:

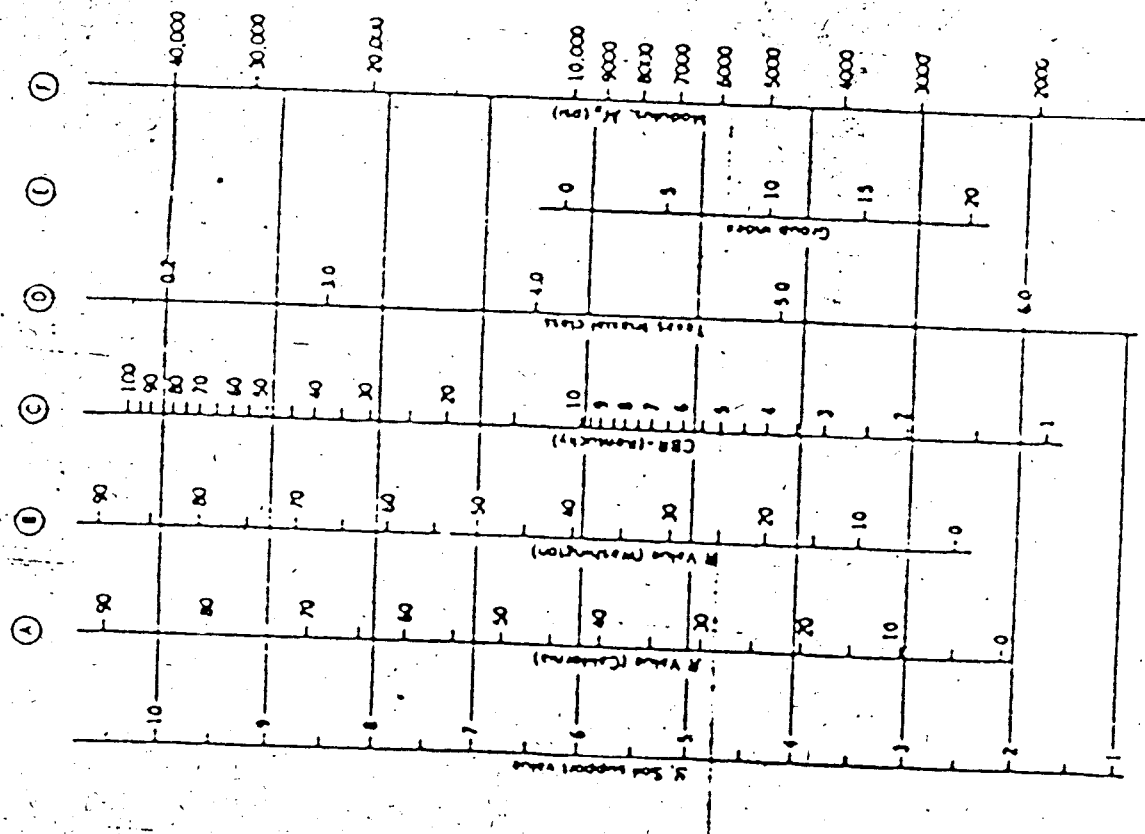
- $a_3 = 0.11$
- $E_{SB} = 15,000$ psi
- CBR = 30 (approx.)
- R-value = 60 (approx.)

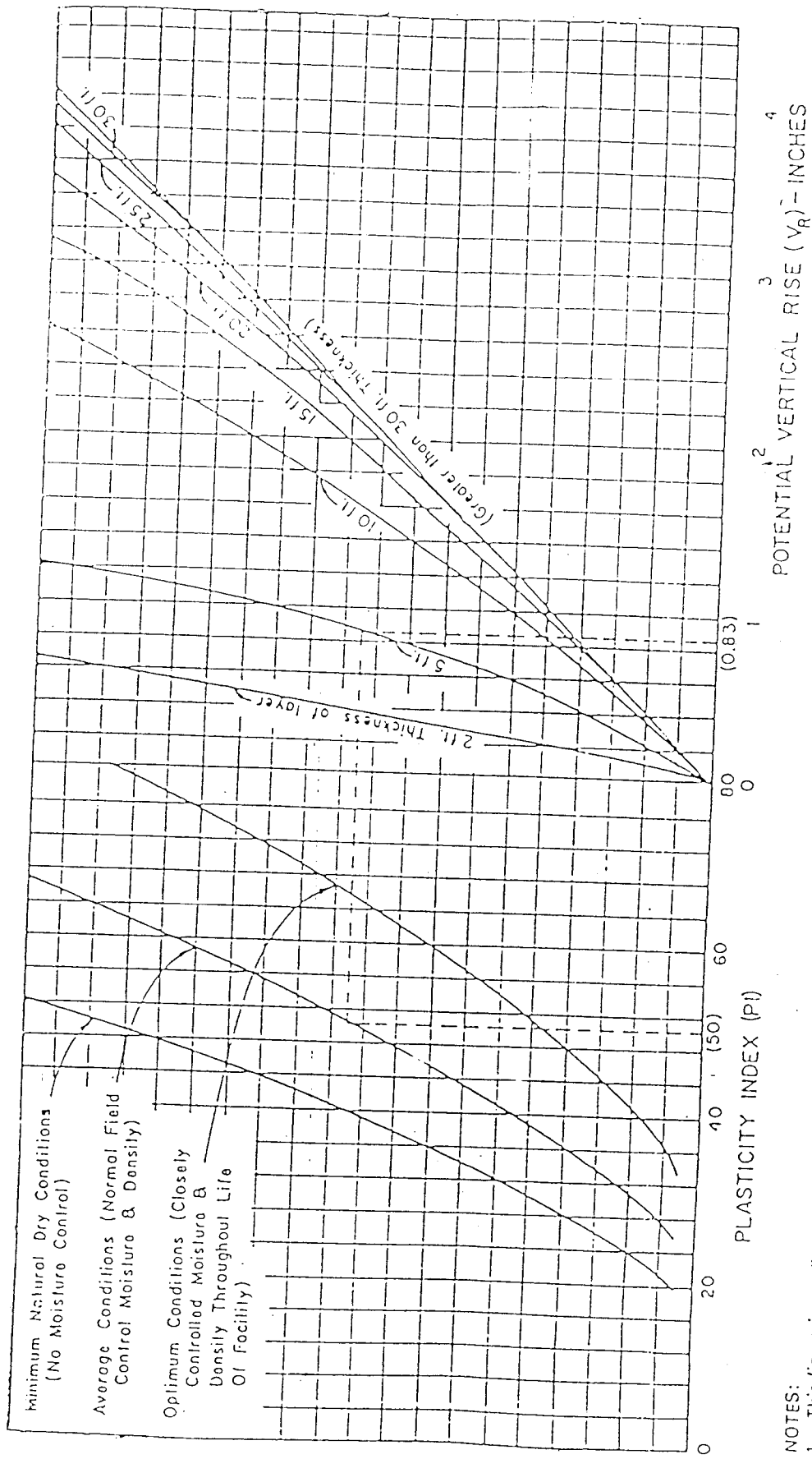
The E_{SB} versus a_3 relationship (s) similar to that for granular base materials is as follows:

$$a_3 = 0.227(\log_{10} E_{SB}) - 0.839$$

For aggregate subbase layers, E_{SB} is affected by stress state (θ) in a fashion similar to that for the base layer. Typical values for k_1 range from 1500 to 6000, while k_2 varies from 0.4 to 0.6. Values for the AASHTO Road Test subbase material were (11):

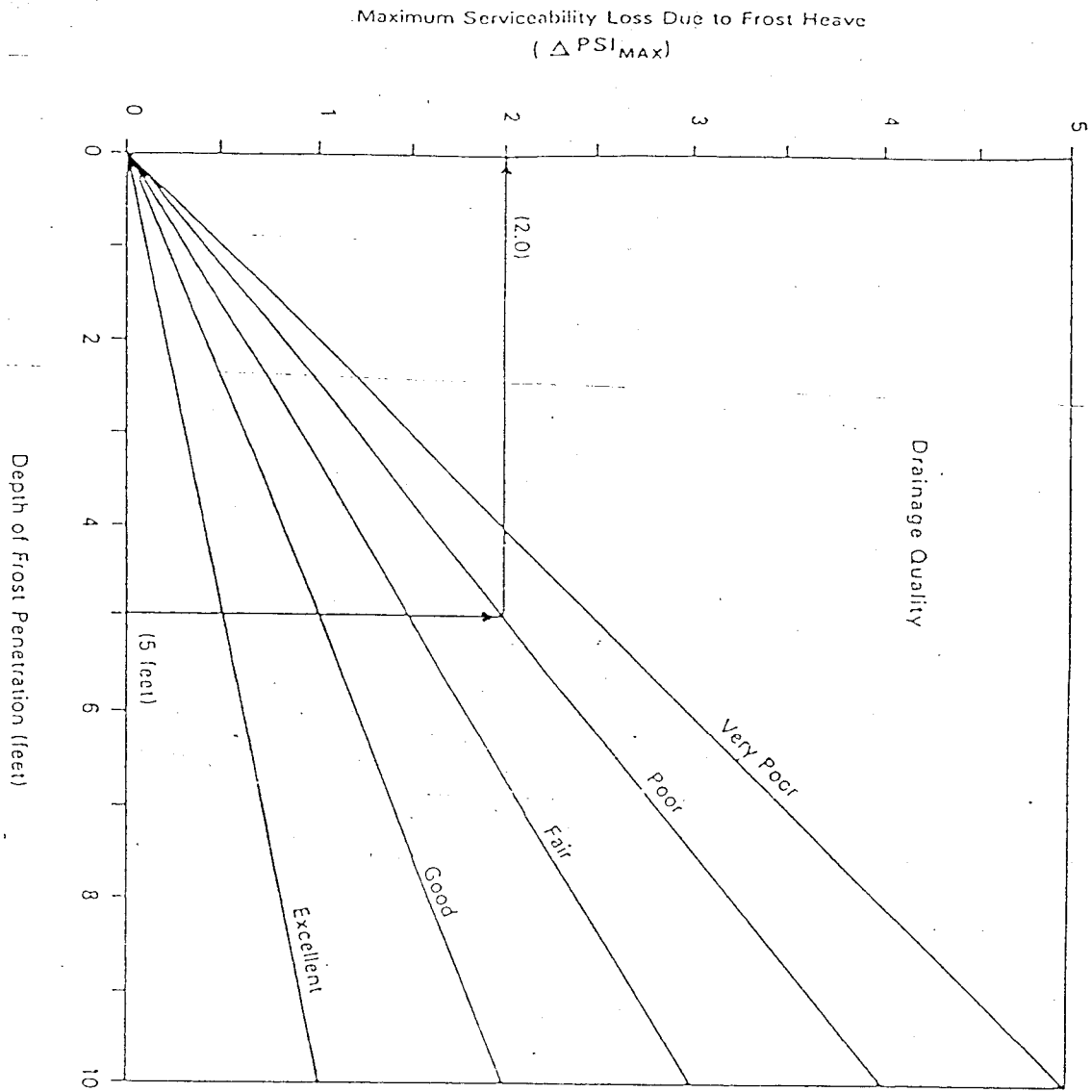
Moisture State	Developed Relationship	Stress State (psi)		
		$\theta = 5$	$\theta = 7.5$	$\theta = 10$
Damp	$M_R = 5400\theta^{0.6}$	14,183	18,090	21,497
Wet	$M_R = 4600\theta^{0.6}$	12,082	15,410	18,312





NOTES:

1. This figure is predicated upon the following assumptions:
 - a. The subgrade soils for the thickness shown all are passing the No. 40 mesh sieve.
 - b. The subgrade soil has a uniform moisture content and plasticity index throughout the layer thickness for the conditions shown.
 - c. A surcharge pressure from 20 inches of overburden (± 10 inches will have no material effect).
2. Calculations are required to determine V_{R1} for other surcharge pressures.



3.20. Traffic growth factors*.

Analysis Period (n)	Annual Growth Rate, Percent (g)							
	No Growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.29
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.25
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	154.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Factor = $\frac{(1+g)^n - 1}{g}$, where $g = \frac{\text{rate}}{100}$ and is not zero. If annual growth rate is zero, the growth factor is equal to the analysis period.

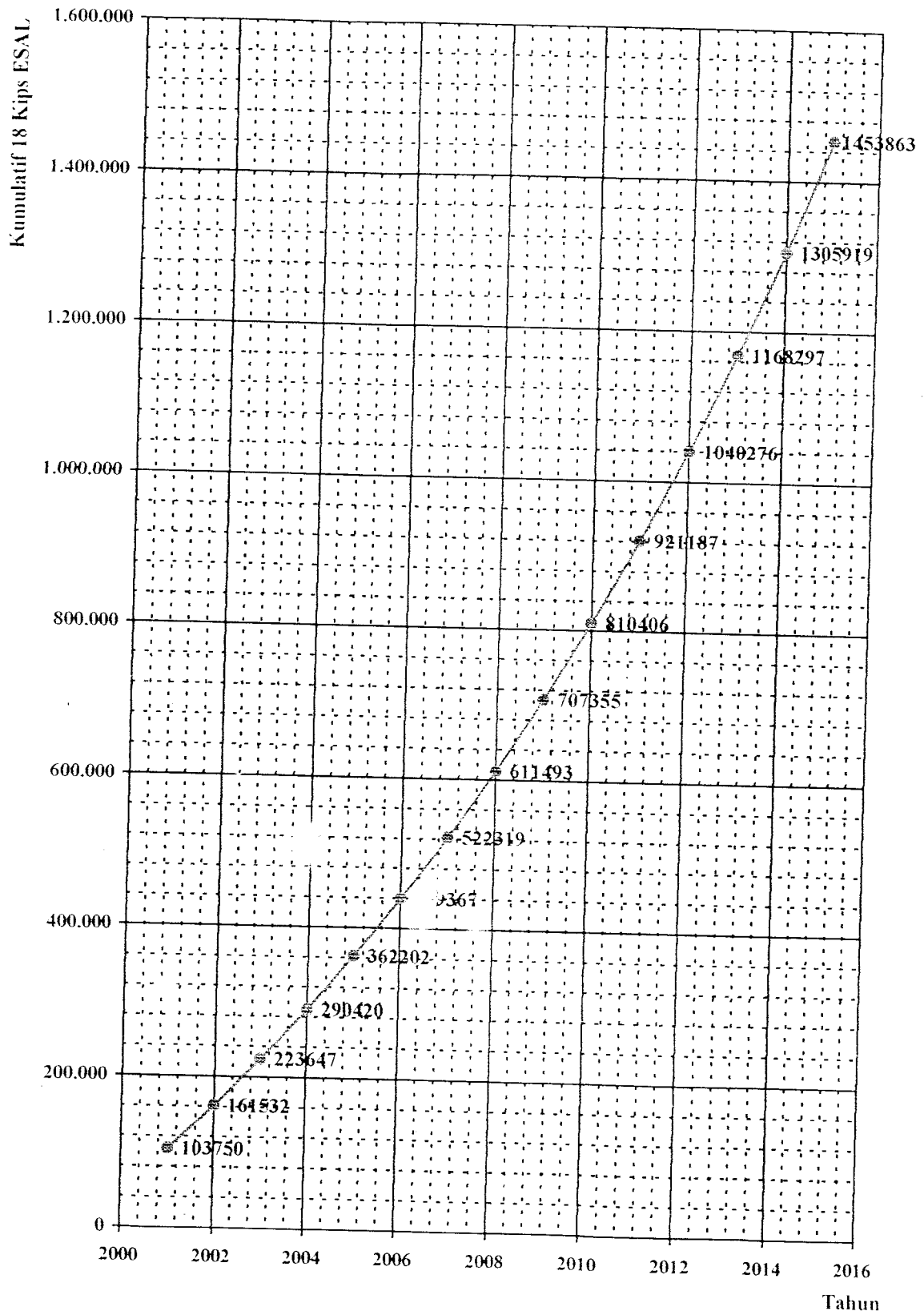
*: The above growth factors multiplied by the first year traffic estimate will give the total volume of traffic expected during the analysis period.

Table C.2-3
Traffic Equivalence Factors, Flexible Pavement
Single Axles, $p_t = 2.5$

Axle Load		Structural Number, SN					
Kips	kN	1	2	3	4	5	6
2	8.9	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	17.8	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002
6	26.7	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
8	35.6	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
10	44.5	0.08	0.10	0.12	0.10	0.09	0.08
12	53.4	0.17	0.20	0.23	0.21	0.19	0.18
14	62.3	0.33	0.36	0.40	0.39	0.36	0.34
16	71.2	0.59	0.61	0.65	0.65	0.62	0.61
18	80.1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	97.9	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	106.8	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	115.7	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	124.6	7.49	6.98	5.90	5.21	5.59	5.98
30	133.4	10.31	9.55	7.94	6.83	6.97	7.79
32	142.3	13.90	12.82	10.52	8.85	8.88	9.95
34	151.2	18.41	16.94	13.74	11.34	11.18	12.51
36	160.1	24.02	22.04	17.73	14.38	13.93	15.50
38	169.0	30.90	28.50	22.61	18.06	17.20	18.98
40	177.9	39.25	35.89	28.51	22.50	21.08	23.04

Table C.2-4
Traffic Equivalence Factors, Flexible Pavement
Tandem Axles, $p_t = 2.5$

Axle Load		Structural Number, SN					
Kips	kN	1	2	3	4	5	6
10	44.5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
12	53.4	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
14	62.3	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02
16	71.2	0.04	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04
18	80.1	0.07	0.10	0.11	0.09	0.08	0.07
20	89.0	0.11	0.14	0.16	0.14	0.12	0.11
22	97.9	0.16	0.20	0.23	0.21	0.18	0.17
24	106.8	0.23	0.27	0.31	0.29	0.26	0.24
26	115.7	0.33	0.37	0.42	0.40	0.36	0.34
28	124.6	0.45	0.49	0.55	0.53	0.50	0.47
30	133.4	0.61	0.65	0.70	0.70	0.66	0.63
32	142.3	0.81	0.84	0.89	0.89	0.86	0.83
34	151.2	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.06
36	160.1	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.35
38	169.0	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.69
40	177.9	2.21	2.16	2.06	2.03	2.08	2.14
42	186.8	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61
44	195.7	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16
46	204.6	4.18	3.98	3.58	3.40	3.54	3.77
48	213.5	5.06	4.80	4.25	3.95	4.17	4.49



Gambar . Grafik Hubungan 18 Kips ESAL dengan Waktu Analisis Metode AASHTO 1986

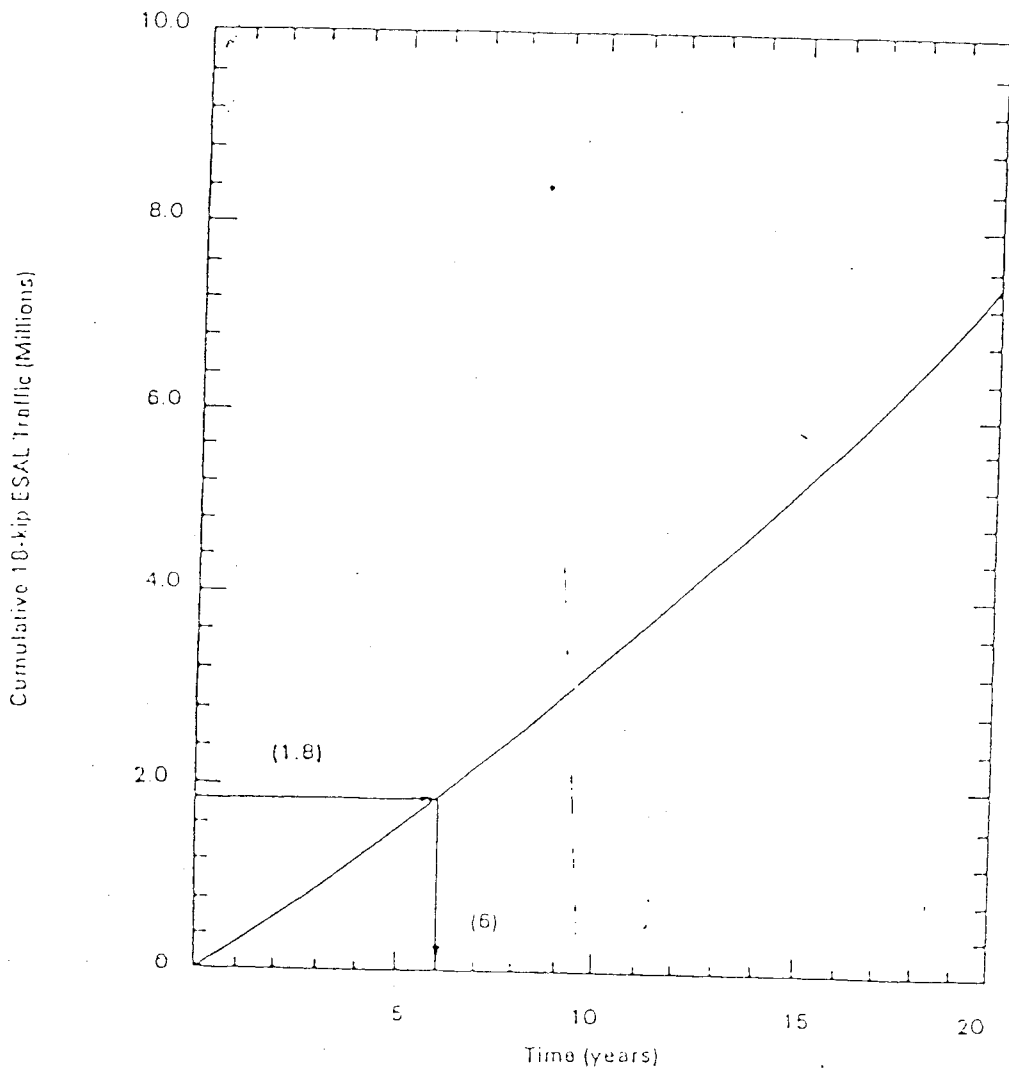


Figure 2.1. Example plot of cumulative 10-kip ESAL traffic versus time.

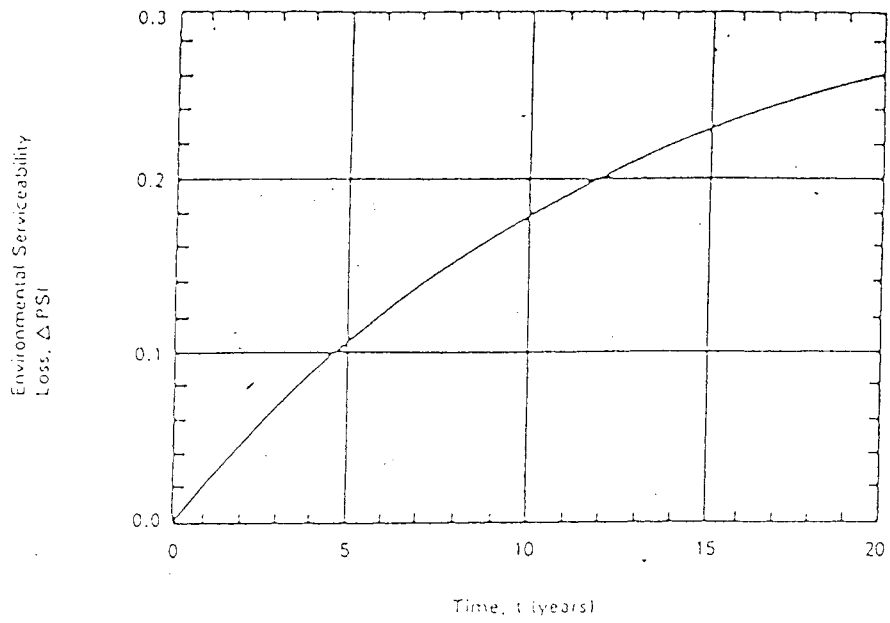
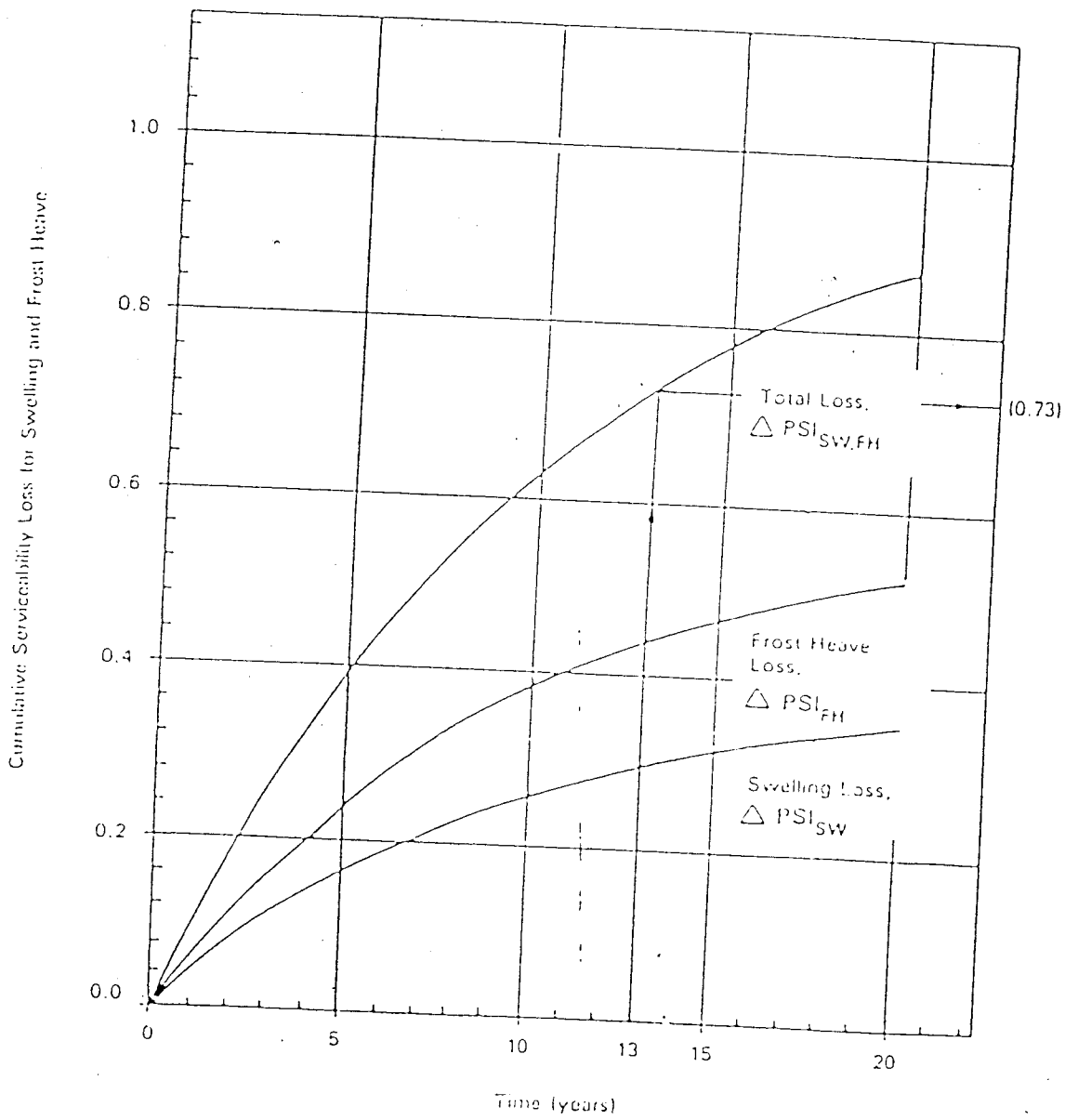


Figure H.2. Graph of environmental serviceability loss versus time for swelling conditions considered.

Design Requirements

11-11



A conceptual example of the environmental serviceability loss versus time graph that may be developed for a specific location.

Table 3.1. Example of process used to predict the performance period of an initial pavement structure considering swelling and/or frost heave.

Initial SN 4.4
 Maximum Possible Performance Period (Years) 15
 Design Serviceability Loss, $\Delta PSI = P_o \cdot P_t = 4.4 \cdot 2.5 = 1.9$

(1) Iteration No.	(2) Trial Performance Period (Years)	(3) Total Serviceability Loss Due to Swelling and Frost Heave $\Delta PSI_{SW, FH}$	(4) Corresponding Serviceability Loss Due to Traffic ΔPSI_{TH}	(5) Allowable Cumulative Traffic (18-kip ESAL)	(6) Corresponding Performance Period (Years)
1	13.0	0.73	1.17	2.0×10^6	6.3
2	9.7	0.63	1.27	2.3×10^6	7.2
3	8.5	0.55	1.34	2.6×10^6	8.2

Column No.	Description of Procedures
2	Estimated by the designer (Step 2).
3	Using estimated value from Column 2 with Figure 2.2, the total serviceability loss due to swelling and frost heave is determined (Step 3).
4	Subtract environmental serviceability loss (Column 3) from design total serviceability loss to determine corresponding serviceability loss due to traffic.
5	Determined from Figure 3.1 keeping all inputs constant (except for use of traffic serviceability loss from Column 4) and applying the chart in reverse (Step 5).
6	Using the traffic from Column 5, estimate net performance period from Figure 2.1 (Step 6).