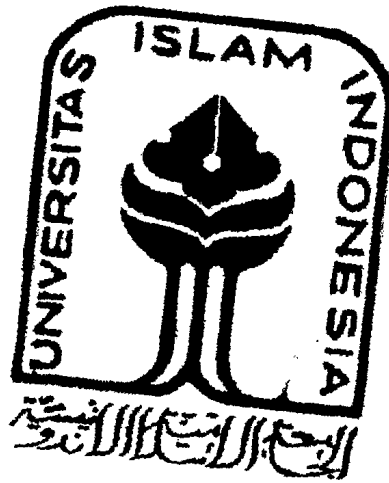


TUGAS AKHIR

ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS JALAN
YOGYAKARTA-PRAMBANAN HINGGA TAHUN 2010
PASKA PENINGKATAN PADA TAHUN 2001



Disusun oleh :

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

SUGENG TRI WAHYONO

No. Mhs: 96 310 090

NIRM: 960051013114120077

SETIADI

No. Mhs : 96 310 115

NIRM : 960051013114120099

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001

TUGAS AKHIR

ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS JALAN
YOGYAKARTA-PRAMBANAN HINGGA TAHUN 2010
PASKA PENINGKATAN PADA TAHUN 2001

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

Disusun oleh :

SUGENG TRI WAHYONO

No. Mhs: 96 310 090

NIRM: 960051013114120077

SETIADI

No. Mhs : 96 310 115

NIRM : 960051013114120099

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS JALAN
YOGYAKARTA-PRAMBANAN HINGGA TAHUN 2010
PASKA PENINGKATAN PADA TAHUN 2001

Disusun oleh :

SUGENG TRI WAHYONO

No. Mhs: 96 310 090

NIRM: 960051013114120077

SETIADI

No. Mhs : 96 310 115

NIRM : 960051013114120099

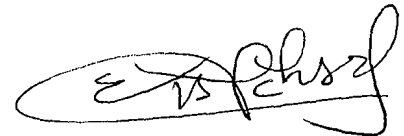
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Balya Umar, M.Sc
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 28-12-2001

Ir. H. Bachnas, M.Sc
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 28-12-2001

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada penulis, sehingga mampu menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Meskipun tidak selancar seperti yang diharapkan, namun penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyusunnya hingga menjadi seperti yang disajikan ini.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini merupakan kewajiban bagi mahasiswa tingkat akhir sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Adapun sistematika penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

| | |
|---------|-------------------------|
| BAB I | PENDAHULUAN |
| BAB II | TINJAUAN PUSTAKA |
| BAB III | LANDASAN TEORI |
| BAB IV | METODOLOGI ANALISIS |
| BAB V | ANALISIS DAN PEMBAHASAN |
| BAB VI | KESIMPULAN DAN SARAN |

Dengan selesainya laporan Tugas Akhir ini, tidak lupa penyusun mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas bimbingan dan saran, terutama kepada :

1. Bapak Ir. H. Balya Umar, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji,

2. Bapak Ir. H. Bachnas, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji,

3. Bapak Ir. H. Subarkah, MT, selaku Dosen Penguji,
4. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.d, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
5. Bapak Ir. H. Munadir, MS, selaku ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, dan
6. Semua pihak yang telah membantu penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan mendapatkan pahala yang setimpal dari Allah SWT.

Seperti kata peribahasa tiada gading yang tak retak demikian pula dengan laporan Tugas Akhir ini. Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan segala kritik dan saran yang bermanfaat agar laporan Tugas Akhir ini menjadi lebih sempurna.

Akhirnya penyusun berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya.

Wassalamu'alikum Wr. Wb

Yogyakarta, November 2001
Penyusun,

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|----------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| ABSTRAKSI | xvii |
| | |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Pokok Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan Analisis | 2 |
| 1.4. Manfaat Analisis | 3 |
| 1.5. Batasan Masalah | 3 |
| | |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1. Umum | 5 |
| 2.1.1. Lapis Keras Lentur (“Flexible Pavement”) | 5 |
| 2.1.2. Lapis Keras Kaku (“Rigid Pavement”) | 6 |
| 2.1.3. Lapis Keras Komposit (“Composite Pavement”) | 6 |

| | |
|---|----|
| 2.2. Fungsi Lapis Perkerasan | 6 |
| 2.2.1. Lapis Permukaan (“Surface Course”) | 6 |
| 2.2.2. Lapis Pondasi Atas (“Base Course”) | 7 |
| 2.2.3. Lapis Pondasi Bawah (“Sub Base Course”) | 7 |
| 2.2.4. Lapis Tanah Dasar (“Sub Grade”) | 8 |
| 2.3. Parameter Perencanaan | 8 |
| 2.3.1. Fungsi Jalan | 8 |
| 2.3.2. Lalu-Lintas | 9 |
| 2.3.2.1. Jalur Lalu-Lintas | 10 |
| 2.3.2.2. Volume Lalu-Lintas | 11 |
| 2.3.2.3. Beban Sumbu Standar | 15 |
| 2.3.2.4. Jenis Kendaraan dan Konfigurasi Sumbu | 16 |
| 2.3.2.5. Pertumbuhan Lalu-Lintas | 19 |
| 2.3.2.6. Umur Rencana | 19 |
| 2.3.3. Indeks Permukaan | 20 |
| 2.3.4. Tanah Dasar | 20 |
| 2.3.5. Kondisi Lingkungan | 20 |
| 2.3.6. Material Lapis Keras Yang Tersedia | 21 |
| 2.3.7. Bentuk Geometrik Lapisan Perkerasan | 21 |

BAB III. LANDASAN TEORI

| | |
|-----------------------------------|----|
| 3.1. Umum | 23 |
| 3.2. Metode Bina Marga 1987 | 24 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1. Daya Dukung Tanah (DDT) dan CBR | 24 |
| 3.2.2. Faktor Regional (FR) | 25 |
| 3.2.3. Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR) | 26 |
| 3.2.4. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C) | 26 |
| 3.2.5. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan | 27 |
| 3.2.6. Persamaan Lintas Ekuivalen | 28 |
| 3.2.7. Indeks Permukaan (IP) | 30 |
| 3.2.8. Koefisien Kekuatan Relatif | 32 |
| 3.2.9. Batas Minimum Tebal Lapis Keras | 33 |
| 3.2.10. Indeks Tebal Lapis Perkerasan (ITP) | 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 | 37 |
| 3.3.2.2. Beban Lalu - Lintas dan Pertumbuhan Lalu - Lintas | 37 |
| 3.3.2.3. Reliabilitas dan Simpangan Baku Keseluruhan | 39 |
| 3.3.2.4. Kondisi Lingkungan | 40 |
| 3.3.2.5. Kriteria Kinerja Jalan | 42 |
| 3.3.2.6. Resilient Modulus Tanah Dasar (MR) ... | 42 |
| 3.3.2.7. Faktor Drainasi | 43 |

| | |
|--|-------|
| 3.3.2.8. Penentuan “Structural Number” (SN) | 44 |
| 3.3.2.9. Batas Minimum Tebal Lapis Keras | 47 |
| 3.3.2.10. Pemilihan Jenis Lapis Keras | 47 |
| BAB IV. METODOLOGI ANALISIS | |
| 4.1. Metode Analisis | 49 |
| 4.1.1. Metode Penentuan Subyek | 49 |
| 4.1.2. Studi Pustaka | 50 |
| 4.1.3. Metode Pengumpulan Data | 50 |
| 4.1.4. Metode Analisis Data | 51 |
| 4.2. Bagan Alir Analisis | 51 |
| BAB V. ANALISIS DAN PEMBAHASAN | |
| 5.1. Umum | 55 |
| 5.1.1. Data Sekunder | 55 |
| 5.2. Analisis Perhitungan | 60 |
| 5.2.1. Metode Bina Marga 1987 | 60 |
| 5.2.2. Metode AASHTO 1986 | 76 |
| BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 6.1. Kesimpulan | 94 |
| 6.2. Saran | 95 |
| DAFTAR PUSTAKA | xviii |
| LAMPIRAN | xix |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|------------|---|
| Tabel 2.1 | Macam-Macam Konfigurasi Roda dan Sumbu Kendaraan .. 17 |
| Tabel 2.2 | Distribusi Beban Sumbu dari Berbagai Jenis Kendaraan 18 |
| Tabel 3.1 | Faktor Regional (FR) [*]) Metode Bina Marga 1987 26 |
| Tabel 3.2 | Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Lapis Keras Metode Bina Marga 1987 27 |
| Tabel 3.3 | Koefisien Distribusi Kendaraan (C) Metode Bina Marga 1987 27 |
| Tabel 3.4 | Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan Metode Bina Marga 1987 28 |
| Tabel 3.5 | Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt) Metode Bina Marga 1987 31 |
| Tabel 3.6 | Indeks Permukaan pada Awal umur Rencana (IPo) Metode Bina Marga 1987 32 |
| Tabel 3.7 | Koefisien Kekatan Relatif (a) Metode Bina Marga 1987 33 |
| Tabel 3.8 | Batas – Batas Minimum Tebal Lapis Keras Metode Bina Marga 1987 34 |
| Tabel 3.9 | Faktor Distribusi Lajur (D _L) Metode AASHTO 1986 39 |
| Tabel 3.10 | Tingkat Reliabilitas (R) Metode AASHTO 1986 39 |
| Tabel 3.11 | Simpangan Baku Normal (Z _r) 40 |
| Tabel 3.12 | Kualitas Drainasi Jalan Metode AASHTO 1986 44 |

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 3.13 | Koefisien Drainasi (m) Metode AASHTO 1986 | 44 |
| Tabel 3.14 | Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Metode AASHTO 1986 | 45 |
| Tabel 3.15 | Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Keras Lentur Metode AASHTO 1986 | 47 |
| Tabel 5.1 | Data Volume Lalu - Lintas Sekunder Ruas Jalan Yogyakarta-Prambanan, Tanggal 6 Oktober 1999 | 56 |
| Tabel 5.2 | Data Hasil Pengujian Labolatorium Bahan Lapis Keras Ruas Jalan Yogyakarta-Prambanan | 57 |
| Tabel 5.3 | Data Iklim Lokasi Analisis | 58 |
| Tabel 5.4 | Data Lalu - Lintas Harian Rata - Rata (LHR) Analisis dengan Metode Bina Marga 1987 | 62 |
| Tabel 5.5 | Angka Pertumbuhan Lalu-Lintas Analisis dengan Metode Bina Marga 1987 | 62 |
| Tabel 5.6 | Prediksi Beban Lalu-Lintas Analsis dengan Metode Bina Marga 1987 | 64 |
| Tabel 5.7 | Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) Analisis Tahun 2002 dengan Metode Bina Marga 1987 | 67 |
| Tabel 5.8 | Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2002 dengan Metode Bina Marga 1987 | 68 |
| Tabel 5.9 | Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2003 dengan Metode Bina Marga 1987 | 71 |
| Tabel 5.10 | Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analsis Tahun 2010 dengan | |

| | | |
|------------|--|----|
| | Metode Bina Marga 1987 | 74 |
| Tabel 5.11 | Dara Lalu-Lintas Tahun 1999 | 77 |
| Tabel 5.12 | Jumlah Kendaraan 18 Kip ESAL Analisis dengan Metode AASHTO 1986 | 81 |
| Tabel 5.13 | Kumulatif 18 Kip ESAL Terhadap Waktu | 83 |
| Tabel 5.14 | Hasil Analisis dengan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986 | 93 |
| Tabel 5.15 | Perbedaan pada perhitungan lapis keras dengan menggunakan Metode Bina Margal 987 dan AASHTO 1986 | 93 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|----------------|
| Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan | 6 |
| Gambar 2.2 Jalur Lalu-Lintas Dengan Median Jalan | 10 |
| Gambar 2.3 Jalur Lalu-Lintas Tanpa Median jalan | 11 |
| Gambar 2.4 Hubungan Jumlah Jam Dalam 1 Tahun dengan Volume Per Jam | 14 |
| Gambar 2.5 Konfigurasi Beban Sumbu Standar | 15 |
| Gambar 2.6 Lapis Perkerasan Berbentuk Kotak | 22 |
| Gambar 2.7 Lapis Perkerasan Selebar Badan Jalan | 22 |
| Gambar 3.1 Grafik Korelasi DDT dan CBR | 25 |
| Gambar 3.2 Struktur Lapis Keras Lentur Metode Bina Marga 1987 | 35 |
| Gambar 3.3 Nomogram Penentuan ITP Metode AASHTO 1986 | 46 |
| Gambar 3.4 Struktur Lapis Keras Lentur Metode AASHTO 1986 | 47 |
| Gambar 4.1.a Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Keras Jalan Yogyakarta- Prambanan Hingga Tahun 2010 Paska Peningkatan Pada Tahun 2001 | 52 |
| Gambar 4.1.b Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Keras Jalan Yogyakarta- Prambanan Hingga Tahun 2010 Paska Peningkatan Pada Tahun 2001 | 53 |
| Gambar 4.1.c Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Keras Jalan Yogyakarta- Prambanan Hingga Tahun 2010 Paska Peningkatan Pada | |

| | | |
|-------------------|--|----|
| | Tahun 2001 | 54 |
| Gambar 5.1 | Tebal Lapis Keras Tahun 2002 Berdasarkan Hitungan | |
| | Metode Bina Marga 1987 | 70 |
| Gambar 5.2 | Tebal Lapis Keras Tahun 2003 Berdasarkan Hitungan | |
| | Metode Bina Marga 1987 | 73 |
| Gambar 5.3 | Tebal Lapis Keras Tahun 2010 Berdasarkan Hitungan | |
| | Metode Bina Marga 1987 | 76 |
| Gambar 5.4 | Tebal Lapis Keras Tahun 2002 Berdasarkan Hitungan | |
| | Metode AASHTO 1986 | 87 |
| Gambar 5.5 | Tebal Lapis Keras Tahun 2003 Berdasarkan Hitungan | |
| | Metode AASHTO 1986 | 89 |
| Gambar 5.6 | Tebal Lapis Keras Tahun 2010 Berdasarkan Hitungan | |
| | Metode AASHTO 1986 | 92 |

DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI

Metode Bina Marga 1987

- 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 Ekuivalen)
- C** : suatu besaran yang menyatakan distribusi kendaraan (Koefisien Distribusi Kendaraan)
- i** : proses perubahan volume beban lalu-lintas pada ruas jalan yang umumnya dihitung dari tahun ketahun (Tingkat Pertumbuhan Lalu-Lintas)
- 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)
- ITP** : suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal lapis keras (Indeks Tebal Perkerasan)
- IPO** : indeks permukaan pada awal umur rencana
- IPT** : indeks permukaan pada akhir umur rencana
- FP** : suatu besaran untuk perencanaan tebal lapis keras dengan umur rencana yang bukan 10 tahun (Faktor Penyesuaian)
- FR** : faktor setempat menyangkut keadaan lapangan dan iklim yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar dan lapis keras (Faktor Regional)
- DDT** : suatu skala yang digunakan dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan kekuatan daya dukung tanah dasar
- LHR** : volume lalu-lintas rata-rata dalam satu hari (Lalu-Lintas Harian Rata-Rata)
- LEP** : jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana (Lintas Ekuivalen Permulaan)
- LEA** : jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana (Lintas Ekuivalen Akhir)
- LET** : jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lbs) pada lajur rencana pada pertengahan umur rencana (Lintas Ekuivalen Tengah)
- LER** : suatu besaran yang digunakan dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan jumlah lintas ekuivalen beban sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lbs) pada lajur rencana

Metode AASHTO 1986 :

| | |
|-------------------|--|
| ADT | : lalu-lintas harian rata-rata ("Average Daily Traffic") |
| EAL | : angka ekivalen beban sumbu kendaraan ("Equivalent Axle Load") |
| ESAL | : angka ekivalen beban sumbu kendaraan ("Equivalent Single Axle Load") |
| Mr | : suatu besaran yang menyatakan ukuran elastisitas bahan ("Resilient Modulus") |
| Ps | : tingkat pengembangan tanah dasar ("Swell Probability") |
| PSI | : nilai indeks permukaan ("Percent Serviceability Index") |
| R | : tingkat kehandalan dari kemungkinan terpenuhinya prediksi beban lalu-lintas yang akan melintasi ruas jalan ("Reliability") |
| SN | : suatu besaran yang berhubungan dengan penentuan tebal lapis keras/ITP ("Structural Number") |
| TEF | : angka ekivalen beban sumbu kendaraan ("Traffic Equivalent Factor") |
| TGF | : faktor pertumbuhan lalu-lintas ("Traffic Growth Factor") |
| 18 Kips ESAL | : beban standar sumbu tunggal sebesar 18.000 Lbs (18 Kips) |
| *Factor | : faktor pertumbuhan lalu-lintas |
| g | : angka pertumbuhan lalu-lintas |
| D _D | : faktor distribusi arah |
| D _L | : faktor distribusi lajur |
| W ₁₈ | : lintas ekivalen 18 Kips ESAL |
| W ₁₈ ' | : 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/resilient lapis pondasi atas |
| E _{SB} | : modulus elastis/resilient 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 |
| So | : 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

1. Peta lokasi analisis,
2. Typical Cross Section ruas Jalan Yogyakarta – Prambanan,
3. Bagan alir perencanaan tebal lapis keras lentur dengan Metode Bina Marga 1987,
4. Bagan alir perencanaan tebal lapis keras lentur dengan Metode AASHTO 1986,
5. Data volume, beban lalu-lintas sekunder ruas Jalan Yogyakarta – Prambanan,
6. Data hasil pengujian labolatorium bahan lapis keras ruas Jalan Yogyakarta – Prambanan,
7. Nomogram penentuan ITP Metode Bina Marga 1987,
8. Data Iklim,
9. Nilai Traffic Equivalent Factor (TEF) Metode AASHTO 1986, dan
10. Nomogram Kekuatan Relatif Bahan Metode AASHTO 1986.

ABSTRAKSI

Ada banyak metoda yang digunakan untuk merencanakan tebal lapis keras lentur. Walaupun pada prinsipnya sama, akan tetapi masing-masing mempunyai hasil yang berbeda, hal ini disebabkan adanya perbedaan-perbedaan parameter. Hal ini menjadi pertimbangan untuk melakukan evaluasi tebal lapis keras lentur Jalan Yogyakarta-Prambanan dalam mendukung beban lalu-lintas hingga tahun 2010 paska peningkatanya 2001.

Tugas Akhir yang disusun ini akan menganalisis perkerasan jalan menggunakan Metoda Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986. Analisis yang dilakukan pada konstruksi tebal lapis keras dengan menentukan prediksi beban lalu-lintas berdasarkan analisis pertumbuhan lalu-lintas pada tahun 1991 dan tahun 1999. Dengan data tersebut akan dapat diprediksikan beban lalu-lintas sampai kurun waktu yang direncanakan.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, lapis keras lentur yang ada sekarang masih mampu mendukung beban lalu-lintas hingga tahun 2010.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberhasilan pelayanan jasa angkutan darat akan tercermin dari kemampuan 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.

Yogyakarta sebagai kota yang dikenal sebagai Kota Budaya, Kota Pelajar menyebabkan semakin banyaknya arus pendatang yang masuk ke kota Yogyakarta, sehingga mengakibatkan peningkatan arus lalu-lintas yang sangat pesat, hal ini mempunyai dampak pada kerusakan jalan, peningkatan jumlah kecelakaan, berkurangnya lahan parkir, kemacetan dan hal lain-lain yang timbul karena tidak seimbang jumlah kendaraan dengan sarana yang tersedia.

Ruas jalan Solo sebagai pintu utama memasuki Kota Yogyakarta terutama dari arah Timur mempunyai peranan besar dalam menunjang pembangunan Kota Yogyakarta. Ruas jalan Yogyakarta – Prambanan, merupakan bagian dari jalan Solo yang berlokasi di Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dalam kenyataan yang dapat kita amati dari hari ke hari semakin padat. Melihat kenyataan yang ada, maka ruas jalan Yogyakarta - Prambanan diprediksikan akan mengalami permasalahan dalam mendukung beban lalu-lintas. Oleh sebab itu

diperlukan analisis kemampuan lapis perkerasan dalam mendukung beban lalu-lintas menggunakan metoda tertentu, dalam kurun waktu tertentu, akibat lalu-lintas masa lalu dan yang akan datang.

Dalam Tugas Akhir ini akan dianalisis kemampuan tebal lapis perkerasan ruas jalan Yogyakarta - Prambanan dalam kurun waktu 9 tahun mendatang untuk mendukung beban lalu-lintas dengan mengambil judul : **“Analisis Tebal Lapis Keras Jalan Yogyakarta-Prambanan Hingga Tahun 2010 paska Peningkatan Pada Tahun 2001”**.

1.2 Pokok Masalah

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

Mengingat ruas Jalan Yogyakarta - Prambanan terletak pada daerah yang diprediksikan akan mengalami lonjakan arus lalu-lintas dengan pesat, maka kemampuan ruas jalan tersebut akan semakin menurun, sehingga akan timbul masalah seperti yang telah diuraikan di atas.

1.3 Tujuan Analisis

Tujuan Analisis Tebal Lapis Keras Jalan Yogyakarta-Prambanan Hingga Tahun 2010 Paska Peningkatan Pada Tahun 2001 adalah sebagai berikut :

-
- a. untuk lebih memahami prosedur analisis perhitungan tebal lapis keras lentur dengan metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986,
 - b. membandingkan hasil analisis dan perhitungan kedua metode tersebut terhadap kondisi lapis keras lentur yang ada saat ini, dan
 - c. memprediksi kemampuan lapis perkerasan ruas jalan tersebut dalam kurun waktu 9 tahun dalam mendukung beban lalu-lintas.

1.4 Manfaat Analisis

Analisis Tebal Lapis Keras Jalan Yogyakarta-Prambanan Hingga Tahun 2010 paska Peningkatan Pada Tahun 2001, diharapkan dapat memberikan manfaat kepada :

- a. mahasiswa dan kalangan yang berminat meneliti dibidang transportasi, khususnya masalah tebal lapis keras,
- b. dunia ilmu pengetahuan, terutama Teknik Sipil Transportasi, 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, batasan masalah terhadap analisis meliputi :

- a. lokasi analisis sesuai data yang diberikan oleh departemen yang bersangkutan (Stasiun 7+500 – 10+525)

-
- b. analisis ini dititik beratkan pada tebal lapis keras lentur ruas jalan pada saat ini dan prediksinya hingga tahun 2010 akibat pertumbuhan lalu-lintas, dan perencanaan menggunakan metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986. Hasilnya diharapkan memberikan gambaran kemampuan lapis perkerasan dalam mendukung beban lalu-lintas hingga tahun 2010.
- c. analisis tidak membahas tentang sistem lalu-lintas,
- d. lalu-lintas dalam analisis ini berkaitan dengan beban lalu-lintas,
- e. data beban yang digunakan dalam analisis tebal lapis keras lentur adalah volume lalu-lintas yang terbesar untuk satu arah pada ruas jalan,
- f. konfigurasi beban lalu-lintas mengacu dari Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No. 01/MN/B/1983 dari Departemen Pekerjaan Umum,
- g. analisis tidak membahas kemungkinan lain yang dapat terjadi pada ruas jalan berdasarkan kebijakan yang akan diterapkan,
- h. analisis tidak membahas masalah pengujian material lapis perkerasan, dan
- i. analisis tidak membahas masalah pertemuan jalan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

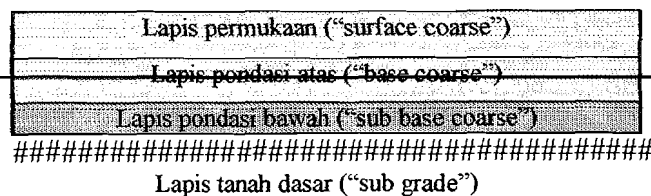
Lapis keras adalah suatu struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan daya dukung dan ketebalan masing-masing lapisan berbeda (Suprpto, 1991).

Mengingat volume perkerasan jalan, pada umumnya diinginkan konstruksi yang murah baik yang berkaitan dengan bahan maupun biaya pelaksanaan namun masih dapat memenuhi tuntutan lalu-lintasnya sesuai dengan umur rencana.

Pada umumnya perkerasan terdiri atas beberapa lapisan dengan kualitas bahan semakin keatas semakin baik. Berdasarkan bahan pengikatnya, struktur lapis keras dapat dibedakan menjadi tiga macam (Silvia Sukirman, 1999).

2.1.1 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. Lapis keras lentur mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan terhadap Bergeraknya lapis pondasi dalam jangka panjang, disamping mempunyai kemampuan untuk melenturkan berulang tanpa terjadi keretakan. Lapisan-lapisan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan
Sumber : Tim PTN dan PTS, 1997

2.1.2 Lapis Keras Kaku ("Rigid Pavement")

Lapis keras kaku ("Rigid Pavement") adalah struktur lapis keras yang menggunakan bahan ikat semen Portland, pada umumnya perkerasan kaku terdiri atas lapisan : concrete slab (dengan atau tanpa tulangan), sub base course, dan subgarde. (Suprpto, 1991).

2.1.3 Lapis Keras Komposit ("Composite Pavement")

Lapis keras komposit ("Composite Pavement") adalah suatu struktur lapis keras lentur dikombinasikan dengan lapis keras kaku, yang dapat berupa lapis keras lentur di atas lapis keras kaku atau sebaliknya. (Silvia Sukirman, 1999).

2.2 Fungsi Lapis Perkerasan

Fungsi utama lapis keras adalah untuk mendukung beban lalu-lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya, sehingga tidak terjadi kerusakan yang berarti selama umur rencana jalan, menurut Suprpto fungsi-fungsi tersebut adalah:

2.2.1 Lapis Permukaan ("Surface Course")

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

Fungsi lapis permukaan meliputi hal-hal berikut ini :

- a. struktural, yaitu ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan ke lapisan dibawahnya, baik beban yang berupa gaya vertikal, maupun gaya horisontal atau gaya geser. Maka persyaratan yang dibutuhkan ialah kuat (mampu memikul beban), kaku (lendutan kecil), dan stabil.
- b. non structural, berupa lapis kedap air untuk mencegah masuknya air ke dalam lapis keras yang ada di bawahnya, menyediakan permukaan yang tetap rata agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup, membentuk permukaan yang tidak licin sehingga tersedia koefisien gesek yang cukup (skid resistance), dan sebagai lapisan aus.

2.2.2 Lapis Pondasi Atas (“Base Course”)

Lapis pondasi atas (“Base Course”) adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah).

Fungsi lapis pondasi atas adalah sebagai berikut :

- a. lapis pendukung bagi lapis permukaan
- b. pemikul beban horisontal dan vertikal
- c. lapis peresapan bagi lapis pondasi bawah

2.2.3 Lapis Pondasi Bawah (“Sub Base Course”)

Lapis pondasi bawah (“Sub Base Course”) adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar.

Fungsi lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut (SKBI-2.3.26.1987) :

- a. sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda ke lapisan di bawahnya (“Subgrade”),
- b. mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi),
- c. untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi atas, dan
- d. sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar

2.2.4 Lapis Tanah Dasar (“Subgrade”)

Tanah dasar (“Subgrade”) adalah permukaan semula, permukaan tanah galian, atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.3 Parameter Perencanaan

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

2.3.1 Fungsi Jalan

Sesuai Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 1980 dan Peraturan Pemerintah No. 26 tahun 1985, sistim jaringan jalan di Indonesia dapat dibedakan menjadi dua sistim jaringan, yaitu :

- a. sistem jaringan jalan primer, adalah suatu sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengendalian semua wilayah ditingkat 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.

Berdasarkan fungsi jalan, jalan dapat dibedakan atas :

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

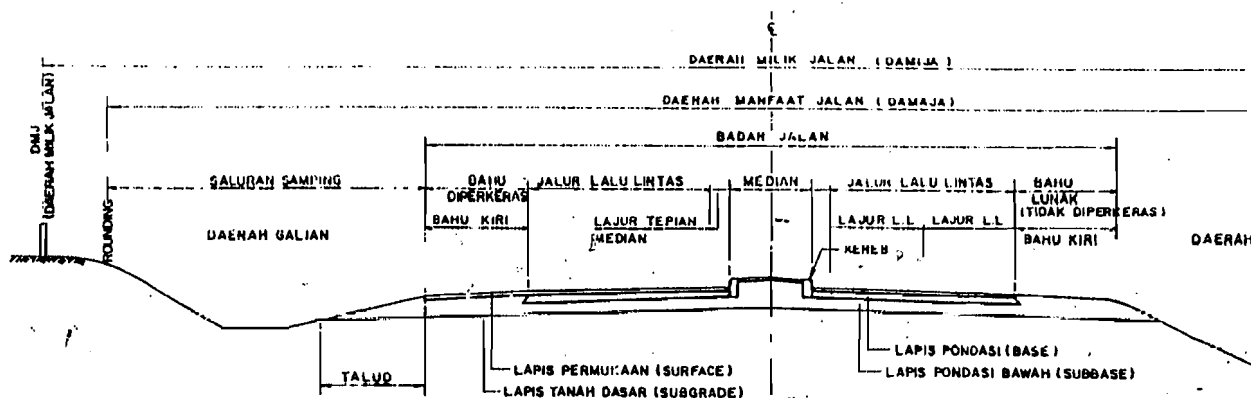
2.3.2 Lalu-lintas

Kebutuhan manusia akan perpindahan dalam suatu masyarakat menimbulkan transportasi. 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).

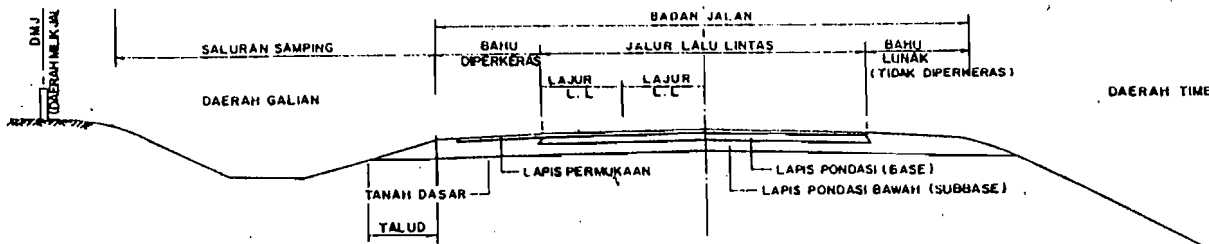
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam lalu-lintas adalah seperti yang diuraikan berikut ini :

2.3.2.1 Jalur Lalu-lintas

Jalur lalu-lintas adalah keseluruhan bagian lapis keras yang diperuntukan bagi lalu-lintas kendaraan (Silvia Sukirman, 1994). Jalur lalu-lintas terdiri dari beberapa lajur yang merupakan bagian dari jalur lalu-lintas, khususnya 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 Sukirman, 1994). Pembagian jalur lalu-lintas dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan 2.3



Gambar 2.2 Jalur Lalu-lintas Dengan Median Jalan
 Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya
 (Silvia Sukirman, 1994)



Gambar 2.3 Jalur Lalu-lintas Tanpa Median Jalan
 Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya
 (Silvia Sukirman, 1994)

2.3.2.2 Volume Lalu-Lintas

Volume lalu-lintas adalah jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu-satuan waktu yang dinyatakan dalam kendaraan/hari/dua arah (jalan dua arah tidak terpisah) dan kendaraan/hari/satu arah (jalan satu arah atau dua arah terpisah) (Silvia Sukirman, 1999).

Data volume lalu-lintas dapat diperoleh dari pos rutin yang ada disekitar lokasi. Jika tidak ada maka dilakukan penghitungan secara manual ditempat 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 diperoleh data yang representatif (Silvia Sukirman, 1999).

Menurut Silvia satuan volume lalu-lintas yang umum digunakan adalah:

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 :

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

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 1 tahun penuh.

LHRT dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.2 berikut ini :

$$\text{LHRT} = \text{Jumlah lalu-lintas dalam satu tahun}/365 \dots \dots \dots (2.2)$$

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 berjalur banyak dengan median.

3. Volume Jam Perencanaan (VJP)

LHR dan LHRT adalah volume lalu-lintas dalam 1 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 satu jam digunakan untuk perencanaan. Volume dalam satu jam yang dipakai untuk perencanaan disebut Volume Jam Perencanaan (VJP) (Silvia Sukirman, 1994).~~

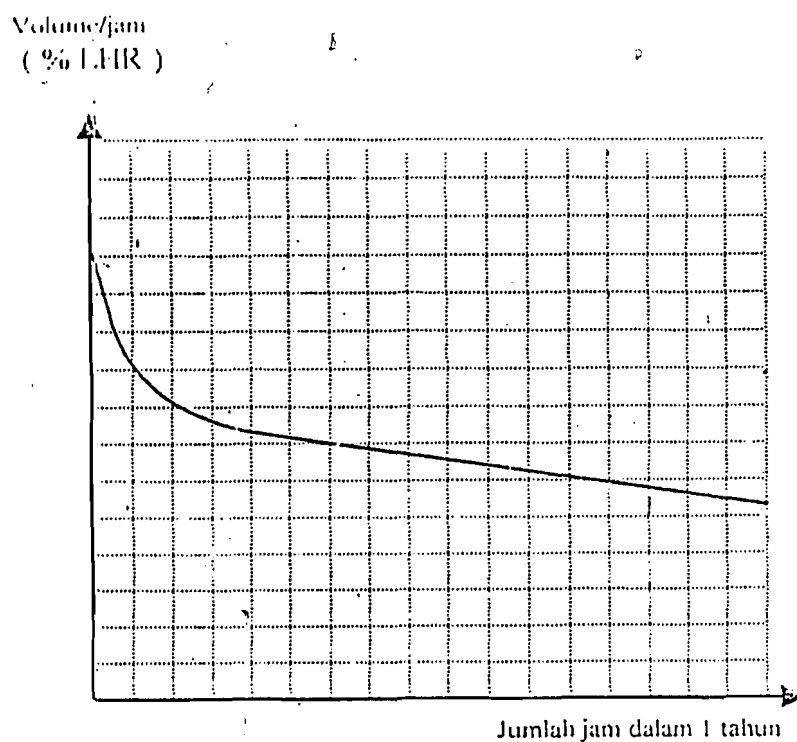
Menurut AASTHO, tumpukan terjadi pada jam sibuk ke-30 dengan volume lalu-lintas/jam sebesar 15% LHR. Berarti terdapat 30 jam dalam setahun volume lalu-lintasnya jauh lebih tinggi dari kondisi di tumpukan (tumpukan di sebelah kiri tumpukan menaik dengan cepat). VJP untuk jalan arteri sebaiknya diambil 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 X 24 jam jalan akan mengalami kemacetan yang tersebar dalam waktu satu tahun. Bentuk umum tumpukan yang menggambarkan hubungan jumlah jam dengan volume per jam dapat dilihat pada Gambar 2.4 .

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 beberapa, dan jalan antar kota atau jalan di dalam kota. Nilai K dapat bervariasi antara 10-15% untuk jalan antar kota, sedangkan untuk jalan dalam kota faktor K ini akan lebih kecil (Silvia Sukirman, 1994)



Gambar 2.4 Hubungan Jumlah Jam Dalam 1 Tahun dengan Volume Per Jam
Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1994

4. Kapasitas

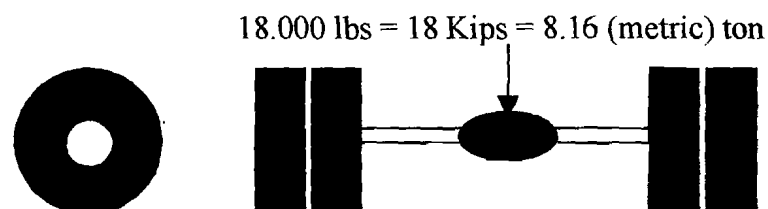
Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan pada jalur jalan selama satu jam dengan kondisi serta lalu-lintas tertentu (Silvia Sukirman, 1994)

Perbedaan antara VJP dan kapasitas adalah : VJP menunjukkan arus lalu-lintas yang direncanakan akan melintasi suatu penampang jalan selama satu jam, sedangkan kapasitas menunjukkan jumlah arus lalu-lintas yang maksimum yang dapat melintasi penampang jalan tersebut dalam waktu satu jam sesuai dengan kondisi jalan. Nilai kapasitas dapat diperoleh dari penyesuaian dasar/ideal dengan kondisi jalan yang direncanakan (Silvia Sukirman, 1994).

2.3.2.3 Beban Sumbu Standar

Struktur lapis keras jalan menerima beban lalu-lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung pada berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dengan lapis keras, kecepatan kendaraan dan yang 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 Sukirman, 1999).

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 sukirman, 1993). Beban sumbu standar tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Konfigurasi Beban Sumbu Standar
Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999

2.3.2.4. Jenis Kendaraan dan Konfigurasi Sumbu

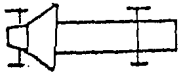
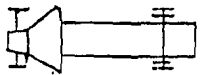
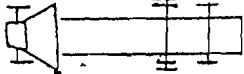
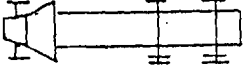
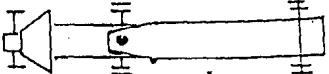

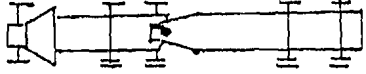
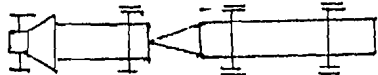

Jenis kendaraan yang menggunakan jalan beraneka ragam, baik ukuran, jenis, konfigurasi dan beban sumbunya. Berdasarkan hal tersebut, volume lalu-lintas umumnya dibagi dalam beberapa kelompok jenis kendaraan (Silvia Sukirman, 1999).

Bina Marga memberikan patokan jenis kendaraan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.2, sedangkan pada Tabel 2.1 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.

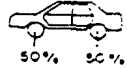
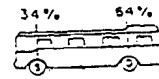
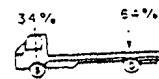
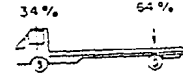
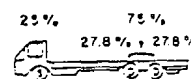
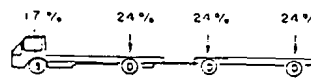
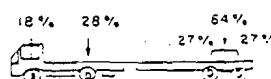
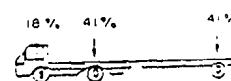
Tabel 2.2 berlaku untuk semua jenis dan besarnya muatan kendaraan. Peninjauan berdasarkan kendaraan kosong atau bermuatan. Jika dianggap bermuatan, maka muatan dianggap maksimum (penuh). Misalnya truk 1.2H pada waktu kosong dianggap bermuatan dengan berat total 4,2 ton, sedangkan jika bermuatan, dianggap 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 .

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 : Benkelman Beam No. 01/MN/B/1983

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 : Benkelman Beam No. 01/MN/B/1983

2.3.2.5 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 persen per tahun. Secara matematis, pertumbuhan lalu-lintas dapat dicari dengan menggunakan rumus bunga berganda/bunga majemuk berikut ini (Harahap dan Negoro, 1989).

$$b = a(1 + i)^n \dots\dots\dots (2,4)$$

$$i = \left[\left(\frac{b}{a} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan :

b = volume lalu-lintas tahun ke n

a = volume lalu-lintas tahun ke a

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

n = jumlah tahun

2.3.2.6 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 structural (Bina Marga, 1983).

Tahun rencana yang direkomendasikan untuk umur lapis keras jalan baru umumnya diambil 10 sampai 20 tahun mendatang meskipun hal itu tergantung kepada karakteristik dan pentingnya jalan raya tersebut (Spesifikasi Standar Untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, Desember 1990).

2.3.3 Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan (IP) atau "Serviceability Index (SI) menurut AASHTO 1986 adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan perkerasan jalan yang bertalian dengan tingkat pelayanan lalu-lintas yang lewat. Menurut AASHTO 1986, nilai present serviceability index berkisar antara 0 - 5.

Untuk perkerasan yang baru nilai IP juga dipengaruhi oleh bahan lapis tersebut, dengan nilai tertinggi 4,2 (AASHTO 1986).

2.3.4 Tanah Dasar

Tanah dasar adalah permukaan tanah asli, permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

Kekuatan dan keawetan dari konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar (Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Jalan Raya, 1974)

2.3.5 Kondisi Lingkungan

Pengaruh kondisi lingkungan terhadap suatu lapis keras jalan adalah seperti yang diuraikan berikut ini (Silvia Sukirman, 1999)

- 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 konstruksi perkerasan jalan adalah air

yang berasal dari hujan dan pengaruh perubahan temperatur akibat perubahan cuaca.

2.3.6 Material Lapis Keras yang Tersedia

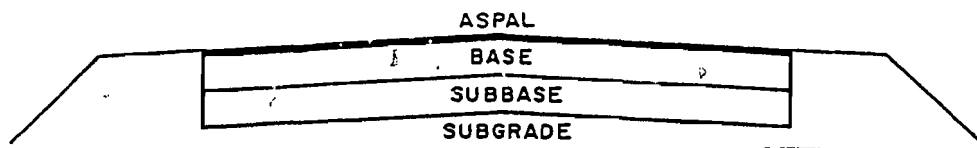
Perencanaan tebal lapis keras jalan dipengaruhi juga oleh jenis lapisan lapis keras. Hal tersebut ditentukan dari ketersediaan material di lokasi dan mutu material tersebut. Material struktur lapis keras yang umum digunakan adalah tanah, agregat/batuan dan aspal (Silvia Sukirman, 1999)

2.3.7 Bentuk Geometrik Lapisan Perkerasan

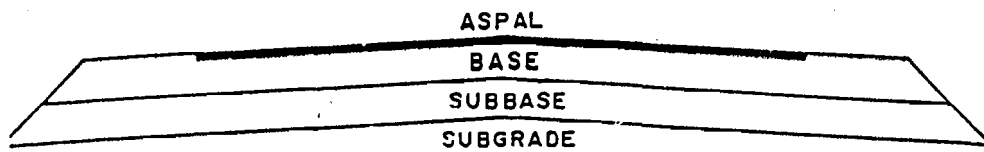
Bentuk geometrik lapis keras jalan mempengaruhi cepat atau lambatnya aliran air meninggalkan lapisan lapis keras jalan. Pada umumnya bentuk geometrik lapis keras dibedakan menjadi dua macam berikut ini (Silvia Sukirman, 1999) :

- 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 2.6 dan 2.7 berikut ini :



Gambar 2.6 Lapisan Perkerasan Berbentuk Kotak
Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya (Silvia Sukirman, 1999)



Gambar 2.7 Lapisan Perkerasan Selebar Badan Jalan
Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya (Silvia Sukirman, 1999)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Perencanaan tebal lapis keras jalan baru umumnya dibedakan menjadi dua metode, yaitu (Silvia, 1999) :

- a. Metode Teoritis (Analitis), metode ini dikembangkan berdasarkan teoritis matematis dari sifat tegangan dan regangan pada lapis keras akibat beban berulang dari lalu-lintas, misalkan Brown & Brunton, dan
- b. 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 AASTHO Amerika Serikat, Metode Bina Marga Indonesia, Metode NAASRA Australia, Metode Road Note 29 Inggris, Metode Road Note 31 Inggris, The Asphalt Institute, Shell International Petroleum, Nihon Doro Kyo Kai (Japan Road Association).

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 Sukirman, 1999).

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

3.2 Metode Bina Marga 1987

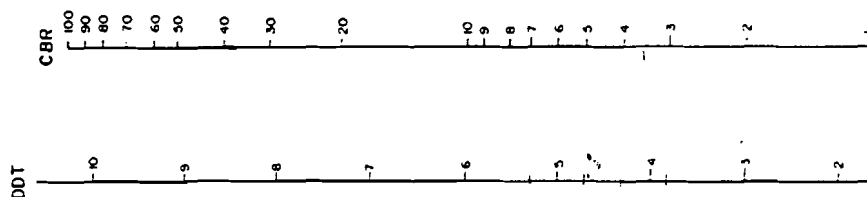
Metode Bina Marga dikeluarkan pada tahun 1987 dengan nama Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, UDC : 626.73 (02). Metode ini merupakan modifikasi dari Metode AASTHO 1972, revisi 1981. Modifikasi dilakukan untuk penyesuaian dengan kondisi alam, lingkungan, sifat tanah dasar dan jenis lapis keras yang umum digunakan di Indonesia (Silvia Sukirman, 1999).

Metode Bina Marga 1987 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 Daya Dukung Tanah (DDT) dan CBR

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) adalah suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan kekuatan tanah dasar yang ditentukan berdasarkan grafik korelasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Harga CBR disini 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 prosentase dari 100%,
- d. dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan prosentase Langkah c, dan
- e. nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari prosentase 90%.

3.2.2 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, prosentase kendaraan berat yang berhenti serta curah hujan seperti yang ditunjukkan dalam Table 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Faktor Regional (FR)^{a)} 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

^{a)} 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

3.2.3 Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu-Lintas Harian Rata- Rata (LHR) adalah jumlah rata-rata dari lalu-lintas berbagai jenis kendaraan bermotor dari yang beroda empat sampai dengan jenis-jenis kendaraan berat 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 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 3.2, sedangkan koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana, ditentukan menurut Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Lapis Keras

Metode Bina Marga 1987

| Lebar Perkerasan (L) | Jumlah Lajur (n) |
|--|------------------|
| (1) | (2) |
| $L < 5,50$ | 1 |
| $5,50 \text{ m} \leq L < 8,25$ | 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 |
| $18,25 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$ | 6 |

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 3.3 Koefisien Distribusi Kendaraan (C) Metode Bina Marga 1997

| 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 | 1,00 |
| 2 | 0,60 | 0,50 | 0,70 | 0,50 |
| 3 | 0,40 | 0,40 | 0,50 | 0,475 |
| 4 | - | 0,30 | - | 0,45 |
| 5 | - | 0,25 | - | 0,425 |
| 6 | - | 0,20 | - | 0,40 |

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

3.2.5 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu 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 $E_{\text{Truk}} = 1,2$, ini berarti 1 kali lintasan kendaraan truk menyebabkan penurunan indeks permukaan yang sama dengan 1,2 kali lintasan sumbu standar (Silvia Sukirman, 1999).

Bina Marga 1987 memberikan persamaan untuk menentukan angka ekivalen beban sumbu kendaraan berikut ini :

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

$$8E_{\text{Sumbu Ganda}} = 0,086 (\text{beban satu sumbu ganda (Kg)}/8160)^4 \dots\dots\dots (3.2)$$

Angka ekivalen beban sumbu kendaraan (E) dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini :

Tabel 3.4 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Metode Bina Marga 1987

| Beban Sumbu | | Angka Ekivalen | |
|-------------|-------|----------------|-------------|
| 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

3.2.6 Persamaan-Persamaan Lintas Ekivalen

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

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 :

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

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

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

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

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 :

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

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 berikut ini :

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

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

dengan : FP = Faktor Penyesuaian dan UR = Umur Rencana

3.2.7 Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalau 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 ekuivalen 8,16 ton (18.000 Lb) beban surubu tunggal

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

Tabel 3.6 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IPo)

Metode Bina Marga 1987

| Jenis Lapis Keras | Ipo | Roughness (mm/Km) |
|-------------------|------------|-------------------|
| (1) | (2) | (3) |
| Laston | ≥ 4 | ≤ 1000 |
| | 3,9 - 3,5 | > 1000 |
| Lasbutak | 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 berikut ini :

Tabel 3.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a) Metoda Bina Marga 1987

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

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, Lasto |
| ≥ 10,00 | 10 | Laston |
| Lapis Pondasi Atas ("Base Course") | | |
| < 3,00 | 15 | Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi Tanah dengan Kapur |
| 3,00 – 7,49 | 20*) | Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi Tanah dengan Kapur |
| | 10 | Laston Atas |
| 7,50 – 9,99 | 20 | Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi Tanah dengan Kapur, pondasi Macadam |
| | 15 | Laston Atas |
| 10,00 – 12,14 | 20 | Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi Tanah dengan Kapur, Pondasi Macadam, Lapen, Laston Atas |
| ≥ 12,25 | 25 | Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi 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.

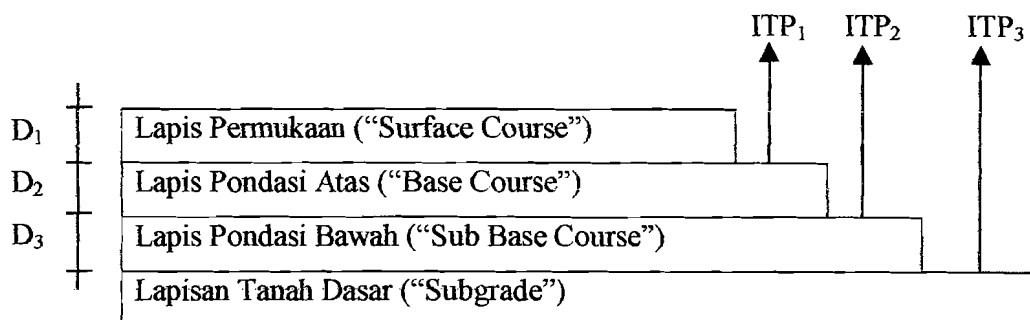
$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \dots \dots \dots (3.8)$$

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

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 Illionis). 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 Sukirman, 1999).

3.3.1 Persamaan Dasar

Persyaratan dasar yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tebal lapis keras lentur menggunakan metode AASHTO 1986 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 :

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

$$SN = a_1 d_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (3.10)$$

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

dengan :

W_{18} = lintas ekivalen selama umur rencana (18 Kips ESAL),

SN = "Structure Number" / Indeks Tebal Perkerasan (ITP),

ΔPSI = "Present Serviceability Index" / Nilai Indeks Permukaan,

Z_r = simpangan baku normal,

S_o = simpangan baku keseluruhan,

M_r = Resilient Modulus (Psi),

a = koefisien kekuatan relatif bahan,

D = tebal masing-masing lapisan lapis keras,

m = koefisien drainase masing-masing lapisan lapis keras

IP_o = Indeks Permukaan pada awal umur rencana, dan

IP_t = Indeks Permukaan pada akhir umur rencana

3.3.2 Parameter Perencanaan

Parameter perencanaan yang digunakan dalam metode AASTHO 1986, didasarkan atas berbagai pertimbangan seperti yang diuraikan berikut :

3.3.2.1 Batasan Waktu

Batasan waktu meliputi pemilihan lamanya umur rencana dan umur kinerja jalan ("performance periode"). Umur kinerja jalan adalah masa pelayanan jalan dimana pada akhir masa pelayanan dibutuhkan rehabilitasi atau overlay. Umur rencana dapat sama atau lebih besar dari umur kinerja jalan.

3.3.2.2 Beban Lalu-Lintas dan Pertumbuhan Lalu-Lintas

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 Sukirman, 1999)

AASHTO menggunakan rumus :

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

dimana :

18 Kips ESAL = lintas ekuivalen kumulatif pada lajur rencana

A_i = jumlah kendaraan untuk 1 jenis kendaraan, dinyatakan dalam 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 dilakukan 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 berdasarkan atas Persamaan 3.13 sampai 3.16 yang diberikan AASHTO 1986 berikut ini :

$$W_{18}' = D_D \cdot D_1 \cdot W_{18} \dots\dots\dots (3.13)$$

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

$$\text{*Faktor} = \left[\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right] \dots\dots\dots (3.15)$$

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

dengan :

W_{18}' = kumulatif 18 Kips ESAL,

D_D = faktor distribusi arah,

D_1 = faktor distribusi lajur, (dapat dilihat pada Tabel 3.9)

W_{18} = lintas ekivalen 18 Kips ESAL,

g = angka pertumbuhan lalu-lintas,

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

*Faktor = faktor pertumbuhan lalu-lintas.

Jumlah beban sumbu ekivalen 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 3.9 berikut ini :

Tabel 3.9 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 For Design Of Pavement Structure, 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 pemakaian 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 3.10 berikut ini :

Tabel 3.10 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 keseluruhan akibat dari perkiraan beban lalu-lintas dan kondisi perkerasan yang dianjurkan oleh AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3.11 yang ditentukan berdasarkan nilai tingkat reliabilitas pada Tabel 3.10

Tabel 3.11 Simpangan Baku Normal (Z_r)

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

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

Simpangan baku keseluruhan (S_o) akibat dari perkiraan beban lalu-lintas dan kondisi perkerasan yang dianjurkan oleh AASHTO 1986 adalah antara 0,35-0,45.

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-kerusakan akibat lelehnya bahan, sifat material yang dipergunakan, dapat pula mempengaruhi umur pelayanan jalan. Berarti terdapat pengurangan nilai indeks permukaan jalan akibat kondisi lingkungan saja. Khusus untuk tanah dasar, hal ini dapat dikorelasikan dengan hasil penyelidikan tanah berupa boring, pemeriksaan laboratorium terhadap sifat-sifat tanah dari contoh tanah yang diperoleh pada waktu pemboran di sepanjang jalan tersebut.

Besarnya penurunan indeks permukaan akibat pengembangan ("swell") merupakan fungsi dari tingkat pengembangan ("swell rate constant"), kemungkinan pengembangan ("swell probability"), dan besarnya potensi merembes ke atas ("potential vertical rise") yang diberikan dalam bentuk Persamaan 3.17 berikut ini:

$$\text{PSI Swell} = 0,0035 \times V_r \times P_s \times (1 - e^{-\theta t}) \dots \dots \dots (3.17)$$

dengan :

- PSI Swell = perubahan indeks permukaan akibat pengembangan tanah dasar,
- V_r = besarnya potensi merembes ke atas dinyatakan dalam inch,
- P_s = probabilitas pengembangan dinyatakan dalam persen,
- θ = tingkat pengembangan tetap, dan
- t = jumlah tahun yang ditinjau, dihitung dari saat jalan tersebut dibuka untuk umum.

3.3.2.5 Kriteria Kinerja Jalan

Kinerja jalan yang diharapkan dinyatakan dalam nilai indeks permukaan (IP) pada awal 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 dengan 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.

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, $IP_0 = 4,2$. dalam waktu yang tertentu, $IP_0 = 4,2$ tersebut akan mengalami penurunan sampai mencapai Indeks Permukaan Terminal (IPt) 2,5 atau 2.

3.3.2.6 Resilient Modulus Tanah Dasar (M_r)

Kekuatan daya dukung tanah pada suatu ruas jalan tidak tersebar secara merata 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.

Penentuan ukuran elastisitas untuk tanah dasar dinyatakan dengan Resilient Modulus 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 = resilient modulus, dinyatakan dalam Psi.

Resilient modulus efektif untuk tanah dasar yang digunakan dalam perencanaan tebal lapis keras lentur adalah harga korelasi yang diperoleh dari kerusakan relatif rata-rata.

3.3.2.7 Faktor Drainasi

Sistem drainasi jalan sangat mempengaruhi 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 3.12 berikut ini :

Tabel 3.12 Kualitas Drainasi Jalan Metode AASHTO 1986

| Kualitas Drainasi | Waktu yang Dibutuhkan untuk Meringkan 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 3.13 berikut ini.

Tabel 3.13 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

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 penyusun (a). untuk bahan perkerasan dengan aspal, nilainya ditetapkan dengan "Marshall Stability", bahan perkerasan dengan semen atau kapur ditetapkan dengan "Triaxial Test" (kuat

tekan) dan lapis pondasi ditetapkan dengan nilai CBR ("California Bearing Ratio"). Besarnya nilai koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut ini.

Tabel 3.14 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 Gravels | 0,07 | |
| | Crushed Stone | 0,14 | |
| | Cement Treated (No Soil Cement), Compressive Strength @ 7 Day | 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 | 0,05 - 0,10 | |
| | Sand or Sandy Clay | | |

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 3.14 tersebut.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi atas/"Granular Base Layer" (a_2), dapat ditentukan selain dengan uji laboratorium dapat juga digunakan Persamaan 3.20 berikut ini.

$$a_2 = 0,249 \cdot \log_{EBS} - 0,977 \dots\dots\dots (3.20)$$

dengan :

a_2 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas, dan



EBS = modulus elastis/resilient modulus lapis pondasi atas.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi bawah/"Ganular Su₀ Base

Layer" (a₃). dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.21 berikut ini.

$$a_3 = 0,227 \cdot \log_{10} SB - 0,839 \dots\dots\dots (3.21)$$

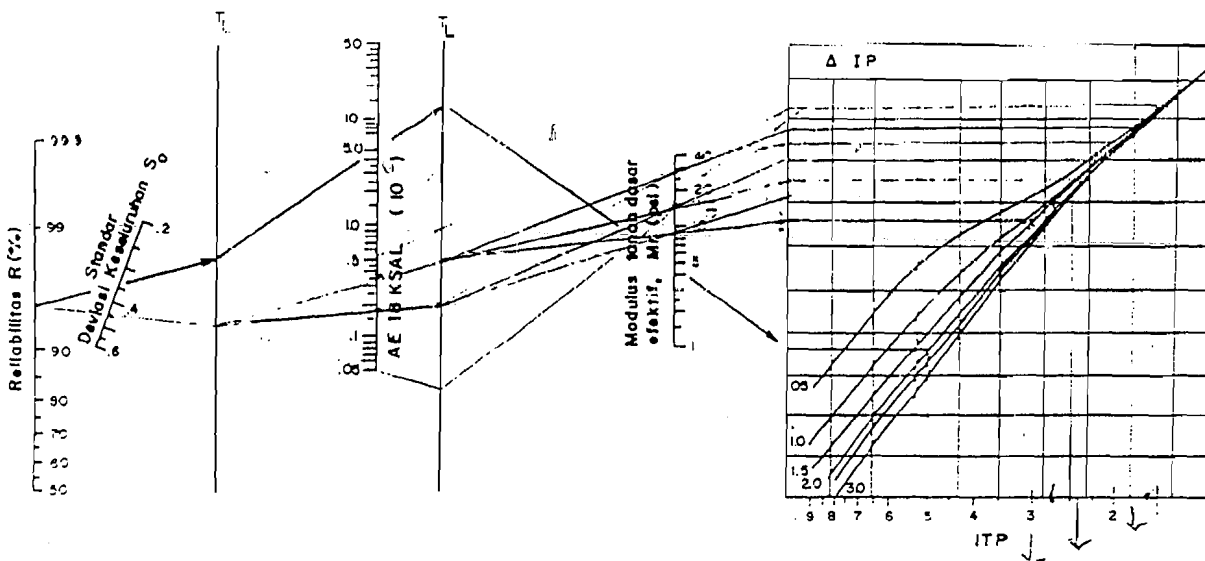
dengan :

a₃ = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah, dan

SB = modulus elastis/resilient modulus lapis pondasi bawah.

Penentuan SN untuk tahap pertama dalam perencanaan tebal lapis keras lentur jalan adalah dengan mempergunakan nomogram seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.3 berikut ini :

$$\log_{10} W_{18} = Z_R + S_o + 9.36 \log_{10} (ITP + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$



Gambar 3.3 Nomogram Penentuan ITP Metode AASHTO 1986
 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 3.15 berikut ini:

Tabel 3.15 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Keras Lentur

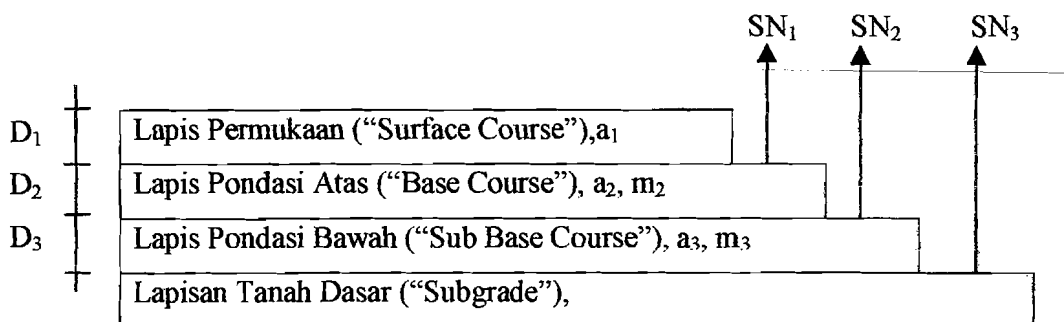
Metode AASHTO 1986

| Traffic (ESAL) (1) | Asphalt Concrete (2) | Agregat Base (3) |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------|
| < 0.000 | 1,0" (Or Surface Treatment) | 4" |
| 50.000 – 150.000 | 2,0" | 4" |
| 150.000 – 500.000 | 2,5" | 4" |
| 500.000 – 2.000.000 | 3,0" | 6" |
| 2.000.000 – 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 koefisien relatif dan modulus resilient dari lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang akan digunakan seperti dalam Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 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 3.22 sampai 3.26 berikut ini.

$$D_1^* \geq SN_1/a_1 \dots\dots\dots (3.22)$$

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

$$D_2^* \geq (SN_2 - SN_1^*)/(a_2.m_2) \dots\dots\dots (3.24)$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \dots\dots\dots (3.25)$$

$$D_3^* \geq [SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)]/(a_3.m_3) \dots\dots\dots (3.26)$$

dengan :

a = koefisien kekuatan relatif bahan masing-masing lapisan,

D = tebal masing-masing lapisan,

m = koefisien drainasi masing-masing lapisan, dan

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

BAB IV

METODOLOGI ANALISIS

4.1 Metode Analisis

Tugas Akhir ini merupakan suatu analisis tentang tebal lapis keras lentur jalan Yogyakarta – Prambanan untuk masa pelayanan beban lalu-lintas sepuluh tahun mendatang, menggunakan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986.

Analisis yang dilakukan menggunakan 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, sedangkan Metode Bina Marga 1987 dalam analisis ini dengan pertimbangan metode ini merupakan standar perencanaan lapis keras lentur jalan raya di Indonesia.

4.1.1 Metode Penentuan Subyek

Metode Penentuan subyek adalah metode untuk mencari variabel atau hal lain yang dapat dijadikan sarana dan perbandingan dalam analisis. Dalam Tugas Akhir ini, beberapa subyek yang dijadikan sarana 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, pertumbuhan lalu-lintas, kondisi lingkungan dan sarana penunjang, misal sistem drainasi jalan.

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 Jalan Yogyakarta – Prambanan sampai Tahun 2010 Paska Peningkatannya Pada Tahun 2001, 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 yaitu : Data Sekunder, data ini diperoleh dengan cara mengumpulkan data yang merujuk dari instansi terkait, seperti, : Dinas Peningkatan Jalan Dan Jembatan 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. tanah dasar,
- c. geometrik lapis keras,
- d. kinerja lapis keras jalan,
- e. umur rencana jalan,

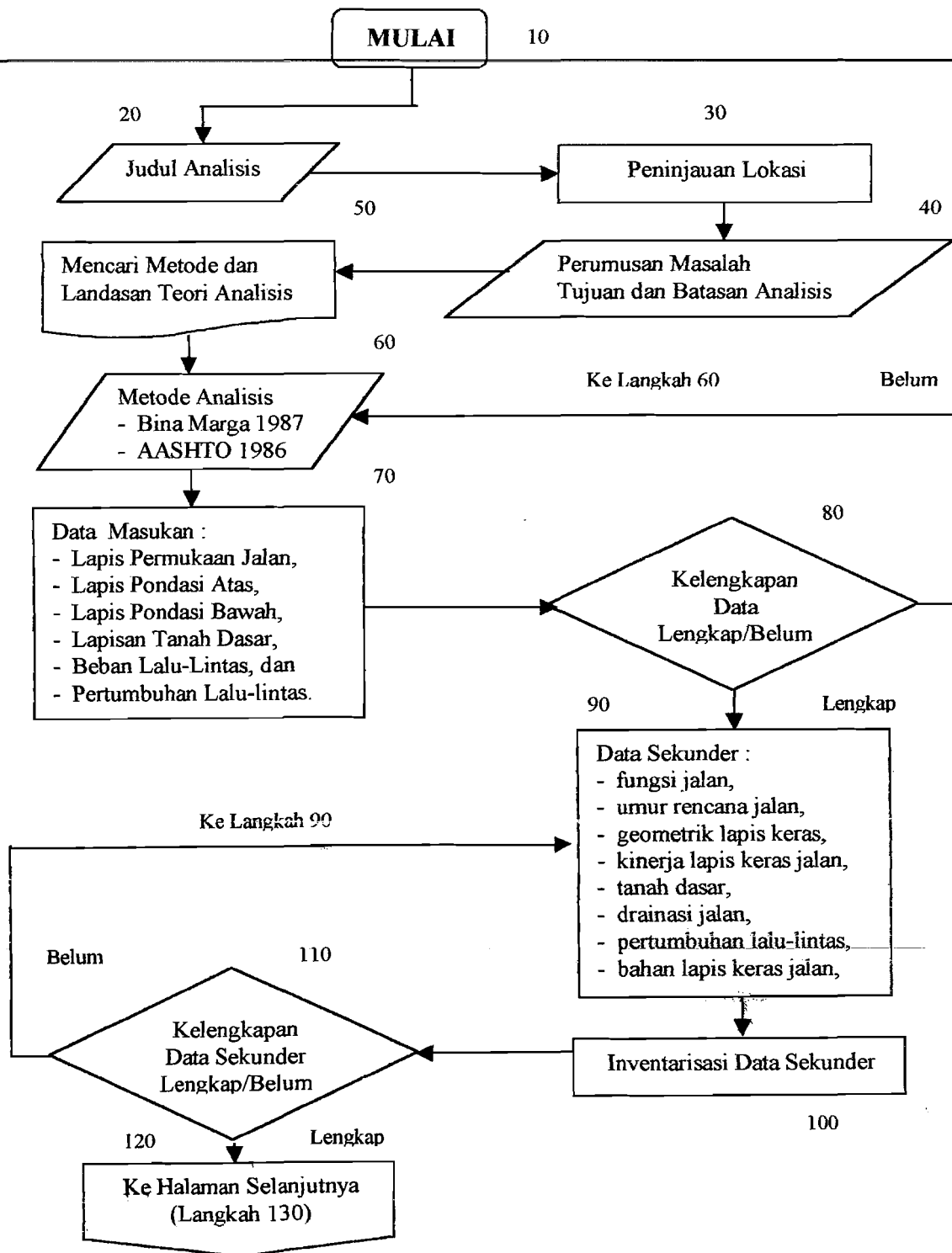
- f. drainasi jalan,
- g. kondisi lingkungan,
- h. bahan lapis keras jalan,
- i. volume beban lalu-lintas sekunder, dan
- j. pertumbuhan lalu-lintas.

4.1.4 Metode Analisis Data

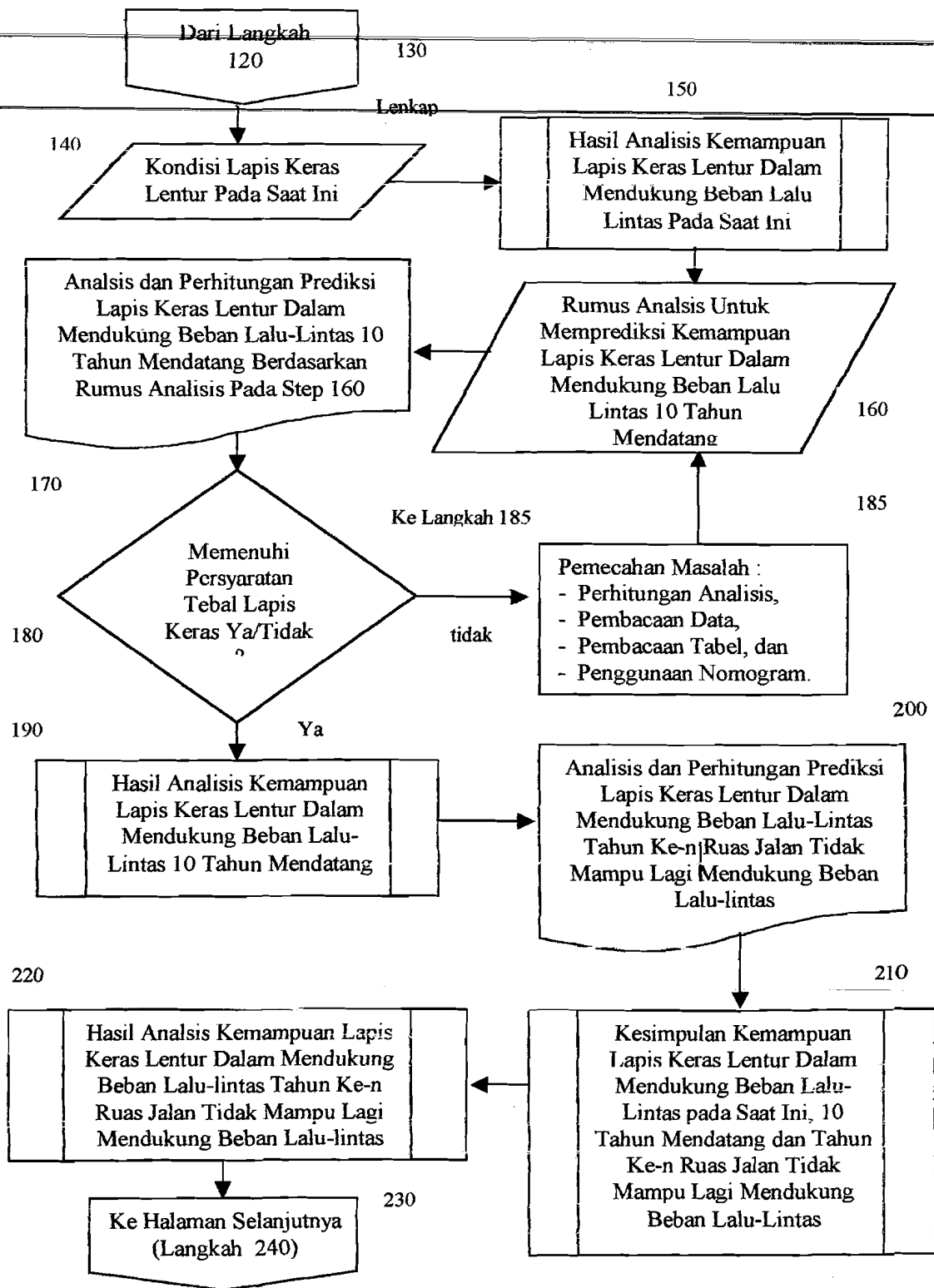
Data yang telah terkumpul selanjutnya dilakukan proses analisis dan perhitungan berdasarkan Metode Bina Marga 1987 (Metode Analisis Komponen, SKBI – 2.3.26.1987, UDC : 625.73 (02)) dan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986).

4.2 Bagan Alir Analisis

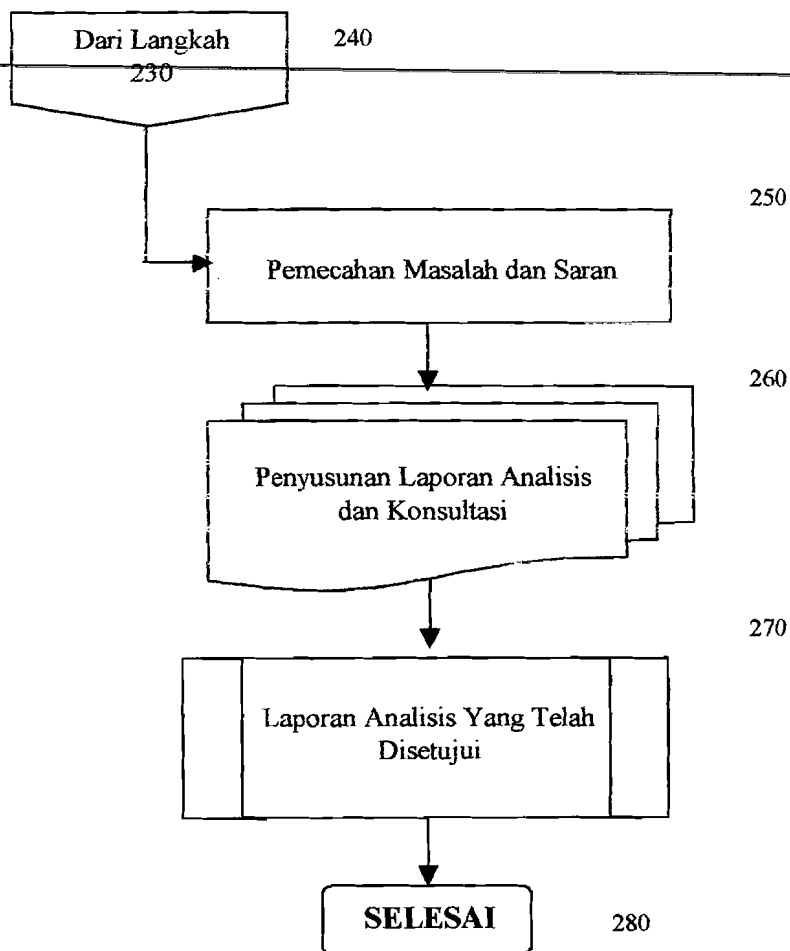
Analisis dalam Tugas Akhir ini direncanakan pelaksanaannya berdasarkan bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini :



Gambar : 4.1.a Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Keras Jalan Yogyakarta-Prambanan Hingga Tahun 2010 Paska Peningkatannya Pada Tahun 2001



Gambar : 4.1.b Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Keras Jalan Yogyakarta-Prambanan Hingga Tahun 2010 Paska Peningkatannya Pada Tahun 2001



Gambar : 4.1.c Bagan Alir Analisis Tebal Lapis Jalan Yogyakarta-Prambanan Hingga Tahun 2010 Paska Peningkatannya Pada Tahun 2001

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Analisis tebal lapis keras Jalan Yogyakarta Prambanan (Stasiun 7+500 - 10+525) menitikberatkan pada kemampuan lapis keras lentur ruas jalan tersebut dalam mendukung beban lalu lintas hingga tahun 2010. Analisis dilakukan menggunakan Metode Bina Marga (Metode Analisa Komponen, SKBI – 2.3.26. 1987, UDC : 625.73 (02) dan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986), kedua metode tersebut termasuk metode empiris untuk melakukan perencanaan tebal lapis keras lentur.

Dalam melaksanakan analisis ini diperlukan data pendukung seperti yang diuraikan di bawah ini :

5.1.1 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, dan pengkopian data.

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 Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY serta Stasiun Meteorologi dan Geofisika Adi Sucipto Yogyakarta.

Data sekunder yang diperoleh meliputi hal-hal berikut ini :

1. Volume Lalu-Lintas Sekunder

Data volume lalu-lintas sekunder dalam analisis ini diperoleh dari survey yang dilakukan oleh Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, yang dilakukan pada tanggal 6 Oktober 1999 selama 24 jam pengamatan (Lampiran 5), data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Volume Lalu-Lintas Sekunder Ruas Jalan Yogyakarta – Prambanan, Tanggal 6 Oktober 1999

| Arah | Golongan Kendaraan | | | | | | | | Total (Kend/hr/1Arah) |
|---------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
| Ke Yogyakarta | 10854 | 4359 | 5481 | 3866 | 2405 | 2338 | 1696 | 4243 | 35242 |
| Ke Prambanan | 9234 | 4637 | 4043 | 3203 | 2481 | 2681 | 1113 | 5587 | 32979 |

Sumber Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY

2. Konfigurasi Kendaraan

Penentuan konfigurasi masing-masing sumbu kendaraan, nilai ekuivalen beban sumbu kendaraan dan distribusi beban kendaraan, dalam analisis ini dilakukan berdasarkan acuan yang diberikan oleh Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal 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 Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, bahan lapis keras yang digunakan pada ruas jalan Yogyakarta – Prambanan diperoleh melalui hasil pengujian laboratorium (Lampiran 6). Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Data Hasil Pengujian Laboratorium Bahan Lapis Keras

Ruas Jalan Yogyakarta – Prambanan.

| Lapisan Perkerasan | Jenis | Material | Stab. Marshall (Kg) | CBR 95% Dmaks (%) | Wopt (%) | BJ (Ton/m ³) |
|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------|--------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| HSWC | Laston ("Asphalt Concrete") | AC ₆₀₋₇₀ | 1525 | - | - | 2,356 |
| AC Binder | Laston ("Asphalt Concrete") | AC ₆₀₋₇₀ | 1315 | - | - | 2,360 |
| AC Base | Laston ("Asphalt Concrete") | AC ₆₀₋₇₀ | 2297 | - | - | 2,357 |
| Lapis Pondasi Atas | Aggerat Kelas A ("Sand Gravel") | Batu Pecah, Sirtu | - | 86 | 9,71 | 2,160 |
| Lapis Pondasi Bawah | Aggerat Kelas B ("Sand Gravel") | Batu Pecah, Sirtu | - | 64 | 10,79 | 2,119 |
| Tanah Dasar | Tanah Padat | Tanah Padat | - | □ 6% | 12,2 | 1,563 |

Sumber Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY

4. Kondisi Lingkungan

Menurut Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, ruas jalan Yogyakarta – Prambanan termasuk dalam golongan medan datar dan lurus dengan kelandaian kurang dari 6%.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi dan Geofisika Adi Sucipto Yogyakarta (Lampiran 8), Data iklim lokasi analisis seperti yang terlihat pada Tabel 5.3 berikut ini :

Tabel 5.3 Data Iklim Lokasi Analisis

| NO | Bulan | Curah Hujan (mm) | Suhu °C | Kelambaban % | Kec. Angin Km/jam |
|-----|------------------|---------------------|-------------|-----------------|----------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | Januari | 329.9 | 26.2 | 85 | 4 |
| 2 | Pebruari | 440.1 | 26.2 | 86 | 3 |
| 3 | Maret | 291.2 | 25.4 | 89 | 4 |
| 4 | April | 271.0 | 26.3 | 86 | 3 |
| 5 | Mei | 71.4 | 27.0 | 80 | 3 |
| 6 | Juni | 99.8 | 25.5 | 79 | 3 |
| 7 | Juli | - | 25.9 | 77 | 3 |
| 8 | Agustus | 10.4 | 25.1 | 72 | 2 |
| 9 | September | 7.0 | 27.3 | 75 | 4 |
| 10 | Oktober | 124.8 | 26.9 | 80 | 3 |
| 11 | Nopemember | 240.0 | 26.2 | 86 | 3 |
| 12 | Desember | 182.5 | 26.4 | 83 | 4 |
| | Rata-Rata | 172.34 | 26.2 | 81.5 | 3.25 |

Sumber : Stasiun Meteorologi dan Geofisika, Adi Sucipto, Yogyakarta, 2000

5. Geometrik Lapis Keras

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, ruas jalan Yogyakarta – Prambanan mempunyai geometrik lapis keras herikut ini :

- a. panjang jalan : 12.147 Km
- b. kecepatan rencana : 60 km/jam
- c. jumlah jalur : 2 jalur
- d. jumlah lajur : 4 lajur
- e. lebar jalur : 9 meter untuk 1 jalur
- f. lebar median : 1.5 meter
- g. Bahu Jalan : 2 meter

h. material jalan

- | | |
|----------------|---|
| 1. on existing | : HSWC ATBL |
| 2. on widening | : HSWC AC Binder AC Base Course Agregat Base Kelas A Agregat Base Kelas B |

Kondisi geometrik lapis keras Jalan Yogyakarta–Prambanan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

6. Data Pendukung

Data sekunder lainnya yang digunakan dalam analisis ini diperoleh dari Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan 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 dibuka , $IP \geq 4$,
- d. umur rencana jalan, untuk jalan baru digunakan 10 tahun,
- e. pertumbuhan lalu-lintas, rata-rata 5%-10%,
- f. material yang tersedia :
 1. Lapis Permukaan, “Asphalt Cement”/AC (AC 60-70), aspal cair, aspal emulsi,
 2. Lapis Pondasi, agregat kelas A dan agregat kelas B,

- g. reliabilitas dan simpangan baku, digunakan atas dasar ruas jalan Yogyakarta – Prambanan 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 $> 25 \%$, dan
- i. nomogram lapis keras lentur, untuk Metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada Lampiran 8, sedangkan untuk Metode AASHTO 1986 dapat dilihat pada Gambar 3.3.

5.2 Analisis Perhitungan

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

5.2.1 Metode Bina Marga 1987

Analisis perhitungan dengan menggunakan Metode Bina Marga 1987 dilakukan dengan 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)

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 Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY. Data LHR tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.4.

b. Pertumbuhan Lalu-Lintas

Pertumbuhan Lalu-Lintas dalam analisis ini dimaksudkan untuk menentukan angka pertumbuhan lalu-lintas yang akan datang, dalam analisis ini adalah hingga tahun 2010.

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 5.4 (Lampiran 5) dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.5. Dengan contoh hitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} i &= \left(\left(\frac{b}{a} \right)^{UR} - 1 \right) \times 100\% \\ &= \left(\left(\frac{10854}{5581} \right)^8 - 1 \right) \times 100\% \\ &= 8,67 \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Data Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Analisis dengan Metode Bina Marga 1987

| Golongan Kendaraan | Arah Ke Prambanan | | Arah Ke Yogyakarta | |
|--------------------|-------------------|--------------|--------------------|--------------|
| | Tahun 1991 | Tahun 1999 | Tahun 1991 | Tahun 1999 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | 5999 | 9234 | 5581 | 10854 |
| 2 | 2271 | 4637 | 2346 | 4359 |
| 3 | 2486 | 4043 | 2818 | 5481 |
| 4 | 1900 | 3203 | 2285 | 3866 |
| 5 | 1540 | 2481 | 1307 | 3458 |
| 6 | 1681 | 2681 | 1629 | 2338 |
| 7 | 693 | 1113 | 647 | 1696 |
| 8 | 3039 | 5587 | 3080 | 4243 |
| Total | 19609 | 32979 | 19693 | 36295 |

Tabel 5.5 Angka Pertumbuhan Lalu-Lintas Analisis dengan Metode Bina Marga 1987

| Golongan Kendaraan | N | A | b | $i = ((b/a)^{UR} - 1) \cdot 100\%$ |
|--------------------|-----|-------|-------|------------------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | 8 | 5581 | 10854 | 8,67 |
| 2 | 8 | 2346 | 4359 | 8,05 |
| 3 | 8 | 2818 | 5481 | 8,67 |
| 4 | 8 | 2285 | 3866 | 6,79 |
| 5 | 8 | 1307 | 3458 | 12,93 |
| 6 | 8 | 1629 | 2338 | 4,62 |
| 7 | 8 | 647 | 1696 | 12,80 |
| 8 | 8 | 3080 | 4243 | 4,09 |
| Total | | 19693 | 36295 | |

c. Prediksi Beban Lalu-Lintas

Prediksi beban lalu-lintas ditentukan berdasarkan volume beban lalu-lintas maksimum pada ruas jalan (Tabel 5.4), dengan pertumbuhan lalu-lintas (i) awal umur rencana (Tabel 5.5) serta pertumbuhan lalu-lintas (i) selama umur rencana yang ditentukan sebagai berikut :

$$I_{UR} = (8,67 + 8,05 + 8,67 + 6,79 + 13,93 + 4,62 + 12,80 + 4,09) / 8$$

$$= 8,33 \approx 8,5 \%$$

Angka pertumbuhan lalu-lintas sebesar 8,5 % tersebut memenuhi ketentuan Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, yang memberikan angka pertumbuhan lalu-lintas untuk ruas jalan Yogyakarta – Prambanan sebesar 5% - 10%.

Persamaan yang digunakan untuk penentuan prediksi beban lalu-lintas adalah Persamaan 2.4. Hasil perhitungan prediksi beban lalu-lintas tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.6 . Dengan contoh hitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b &= a (1 + i)^n \\ &= 4359 (1 + 8,5)^3 \\ &= 5568 \end{aligned}$$

dengan :

- b = volume lalu-lintas tahun ke-n,
- a = volume lalu-lintas tahun a,
- i = tingkat pertambahan lalu-lintas (% per tahun), dan
- n = jumlah tahun.

Tabel 5.6 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 |
| 2 | 8.05 | 8,5 | 4359 | 4730 | 5132 | 5568 | 6041 | 6554 | 7112 | 7716 | 8372 | 9084 | 9856 | 10693 |
| 3 | 8.67 | 8,5 | 5481 | 5947 | 6452 | 7001 | 7596 | 8242 | 8942 | 9702 | 10527 | 11422 | 12392 | 13446 |
| 4 | 6.79 | 8,5 | 3866 | 4195 | 4551 | 4938 | 5358 | 5813 | 6307 | 6843 | 7425 | 8056 | 8741 | 9484 |
| 5a | 12.93 | 8,5 | 1285 | 1394 | 1513 | 1641 | 1781 | 1932 | 2096 | 2275 | 2468 | 2678 | 2905 | 3152 |
| 5b | 12.93 | 8,5 | 1120 | 1215 | 1318 | 1431 | 1552 | 1684 | 1827 | 1983 | 2151 | 2334 | 2532 | 2748 |
| 6 | 4.62 | 8,5 | 2338 | 2537 | 2752 | 2986 | 3240 | 3516 | 3814 | 4139 | 4490 | 4872 | 5286 | 5736 |
| 7a | 12.8 | 8,5 | 737 | 800 | 868 | 941 | 1021 | 1108 | 1202 | 1305 | 1415 | 1536 | 1666 | 1808 |
| 7b | 12.8 | 8,5 | 566 | 614 | 666 | 723 | 784 | 851 | 923 | 1002 | 1087 | 1179 | 1280 | 1388 |
| 7c | 12.8 | 8,5 | 393 | 426 | 463 | 502 | 545 | 591 | 641 | 696 | 755 | 819 | 889 | 964 |

d. Angka Ekuivalen(E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan dan konfigurasi beban sumbu ditentukan berdasarkan Tabel 3.4.

e. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Ruas jalan Yogyakarta-Prambanan merupakan jalan 2 jalur, 4 lajur dan 2 arah yang dipisahkan oleh median jalan. Berdasarkan Tabel 3.3 dapat ditentukan nilai koefisien distribusi kendaraan (C) berikut ini :

1. kendaraan ringan dengan berat total < 5 ton, nilai $C = 0,6$ dan
2. kendaraan berat dengan berat total ≥ 5 ton, nilai $C = 0,7$

f. Faktor Regional

Berdasarkan Langkah 5.1.1 tentang kondisi lingkungan, Tabel 5.3 dan Tabel 5.6 , diperoleh data-data berikut ini :

1. curah hujan = 2067,84 mm/tahun, termasuk iklim II,
2. kelandaian jalan $< 6\%$, termasuk kelandaian I, dan
3. kendaraan berat $\geq 30\%$.

Berdasarkan Tabel 3.1 diperoleh $FR = 2,0 - 2,5$. dalam analisis ini digunakan FR sebesar 2,5.

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
 - a. HSWC

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

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

b. AC Binder

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

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

c. AC Base

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

2. tebal lapisan (D_{AC}) = 8 cm (Lampiran 2)

HSWC ($a_{AC} = 0,4$, $D_{AC} = 4$ cm)

AC Binder ($a_{AC} = 0,4$, $D_{AC} = 4$ cm)

AC Base ($a_{AC} = 0,4$, $D_{AC} = 8$ cm)

ITP

a_1 , D_1 , ITP

2) Lapis Pondasi Atas ("Base Course")

a. Material agregat kelas A (Tabel 5.2)

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

c. Tebal lapisan (D_2) = 30 cm (Lampiran 2)

3) Lapis pondasi bawah ("sub base course")

a. Material agregat kelas B (Tabel 5.2)

b. Koefisien kekuatan relatif bahan (a_3) = 0,13 (Tabel 3.7)

c. Tebal lapisan (D_3) = 40 cm (Lampiran 2)

2. Analisis Komponen Lapis Keras Lentur tahun 2002

Tahun 2002 merupakan awal umur rencana (tahun pertama operasional jalan). Berdasarkan data-data perhitungan langkah 1, analisis dilaksanakan melalui tahapan-tahapan berikut ini.

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002})

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002}) ditentukan dengan Persamaan 3.3 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.7. Dengan contoh hitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} LEP &= \sum LHR.C.E \\ &= 17507 \cdot 0,6 \cdot 0,0004 = 5 \end{aligned}$$

Tabel 5.7 Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) Analisis

Tahun 2002 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) |
| 2, 3, 4 | 17507 | 0,6 | 0,0004 | 5 |
| 5 | 3072 | 0,7 | 0,1593 | 343 |
| 6 | 2986 | 0,7 | 1,0648 | 2226 |
| 7 | 2166 | 0,7 | 1,3195 | 2001 |
| Total LEP_{2002} | | | | 4575 |

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2002})

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2002}) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.4 seperti yang terdapat pada Tabel 5.8. Dengan contoh hitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} LEA &= \sum LHR.C.E \\ &= 17507 \cdot 0,6 \cdot 0,0004 = 5 \end{aligned}$$

Tabel 5.8 Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2002 dengan

Metode Bina Marga 1987

| Golongan Kendaraan | LHR | C | E | LEA = $\sum LHR.C.E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal) |
|---------------------------------|-------|-----|--------|--|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 2, 3, 4 | 17507 | 0,6 | 0,0004 | 5 |
| 5 | 3072 | 0,7 | 0,1593 | 343 |
| 6 | 2986 | 0,7 | 1,0648 | 2226 |
| 7 | 2166 | 0,7 | 1,3195 | 2001 |
| Total LEA₂₀₀₂ | | | | 4575 |

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₀₂)

Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₀₂) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.5 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LET}_{2002} &= (\text{LEP}_{2002} + \text{LEA}_{2002}) / 2 = (4575 + 4575) / 2 \\ &= 4575 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₀₂)

Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₀₂) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.6 dan 3.7 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LER}_{2002} &= \text{LET}_{2002} \cdot \text{FP (Persamaan 3.6)} \\ &= \text{LET}_{2002} \cdot (\text{UR}/10) \text{ (Persamaan 3.7)} \\ &= 4575 \cdot (1/10) \\ &= 457,5 \end{aligned}$$

e. Analisis Tebal Komponen

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

1. Berdasarkan data 1.g ditentukan data perencanaan sebagai berikut :

a. material Laston (AC), koefisien kekuatan relatif (a_1) sebesar 0,40

b. lapis pondasi atas $D_2 = 30 \text{ cm}$, $a_2 = 0,14$

c. lapis pondasi bawah $D_3 = 40 \text{ cm}$, $a_3 = 0,13$

2. Data pendukung

a. $LER_{2002} = 457,5$ (8,16 ton beban sumbu tunggal) (Persamaan 3.7)

b. CBR yang dipergunakan adalah CBR Lapis Tanah Dasar $\geq 6\%$

Berdasarkan Gambar 3.1 diperoleh $DDT = 5$

c. $FR = 2,5$ (Tabel 3.1)

d. $I_{Pt} = 2,5$ (Tabel 3.5)

e. $I_{Po} \geq 4$ (Tabel 3.6)

f. Penentuan Tebal Komponen

Berdasarkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Bina Marga

1987 pada Lampiran 7 diperoleh $ITP = 9,5$ sehingga :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

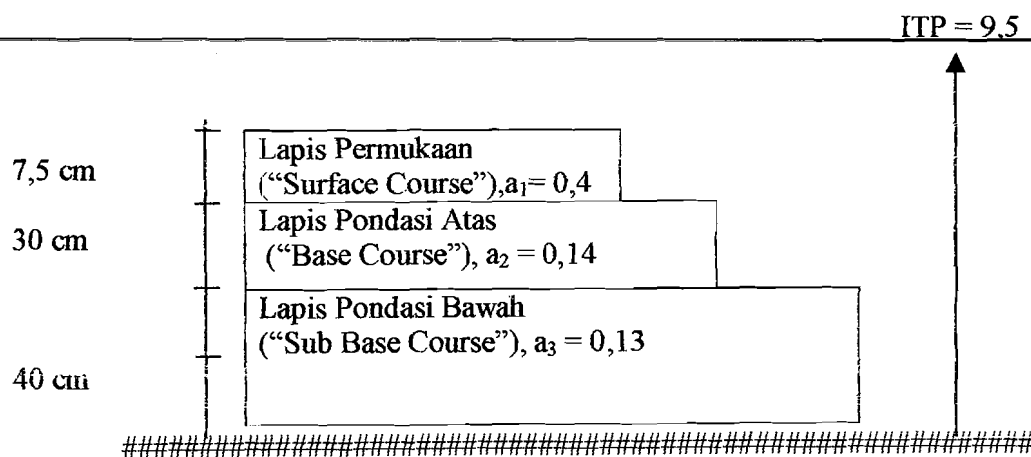
$$D_1 = (ITP - (a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3)) / a_1$$

$$= (9,5 - (0,14 \cdot 30 + 0,13 \cdot 40)) / 0,4$$

$$= 0,25 \text{ m} \leq 16 \text{ cm (perkerasan masih aman)}$$

$$D_1 \text{ terpakai} = 7,5 \text{ cm (tebal minimum lapis permukaan, Tabel 3.8)}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.1 Tebal Lapis Keras Tahun 2002 Berdasarkan Hitungan
Metode Bina Marga 1987

3. Analisis Komponen Lapis Keras Lentur tahun 2003

Tahun 2003 merupakan tahun ke dua operasional jalan. Langkah perhitungan sama dengan pelaksanaan analisis tahun 2002 diatas.

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002})

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002}) ditentukan dengan Persamaan 3.3 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 di atas

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2003})

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2003}) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.3 seperti yang terdapat pada Tabel 5.9. Dengan contoh hitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} LEA &= \sum LHR.C.F \\ &= 18995 \cdot 0,6 \cdot 0,0004 = 5 \end{aligned}$$

Tabel 5.9 Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2003 dengan
Metode Bina Marga 1987

| Golongan Kendaraan | LHR | C | E | LEA = $\sum LHR \cdot C \cdot E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal) |
|---------------------------------|-------|-----|--------|--|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 2, 3, 4 | 18995 | 0,6 | 0,0004 | 5 |
| 5 | 3333 | 0,7 | 0,1593 | 372 |
| 6 | 3240 | 0,7 | 1,0648 | 2415 |
| 7 | 2350 | 0,7 | 1,3195 | 2171 |
| Total LEA₂₀₀₃ | | | | 4963 |

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₀₃)

Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₀₃) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.5

dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LET}_{2003} &= (\text{LEP}_{2002} + \text{LEA}_{2003}) / 2 = (4575 + 4963) / 2 \\ &= 4769 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₀₃)

Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₀₃) ditentukan berdasarkan Persamaan

3.6 dan 3.7 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LER}_{2003} &= \text{LET}_{2003} \cdot \text{FP} \text{ (Persamaan 3.6)} \\ &= \text{LET}_{2003} \cdot (\text{UR}/10) \text{ (Persamaan 3.7)} \\ &= 4769 \cdot (2/10) \\ &= 954 \end{aligned}$$

e. Analisis Tebal Komponen

Analisis tebal komponen lapis keras lentur untuk tahun 2003 dilakukan sebagai berikut

1. Berdasarkan langkah 1.g ditentukan data perencanaan sebagai berikut :

- a. material Laston (AC), koefisien kekuatan relatif (a_1) sebesar 0,40
- b. lapis pondasi atas $D_2 = 30$ cm, $a_2 = 0,14$
- c. lapis pondasi bawah $D_3 = 40$ cm, $a_3 = 0,13$

2. Data pendukung

- a. $LER_{2002} = 594,2$ (8,16 ton beban sumbu tunggal) (Persamaan 3.7)
- b. CBR yang dipergunakan adalah CBR Lapis Tanah Dasar $\geq 6\%$
Berdasarkan Gambar 3.1 diperoleh DDT = 5
- c. FR = 2,5 (Tabel 3.1)
- d. IPt = 2,5 (Tabel 3.5)
- e. IPo ≥ 4 (Tabel 3.6)

f. Penentuan Tebal Komponen

Berdasarkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Bina Marga

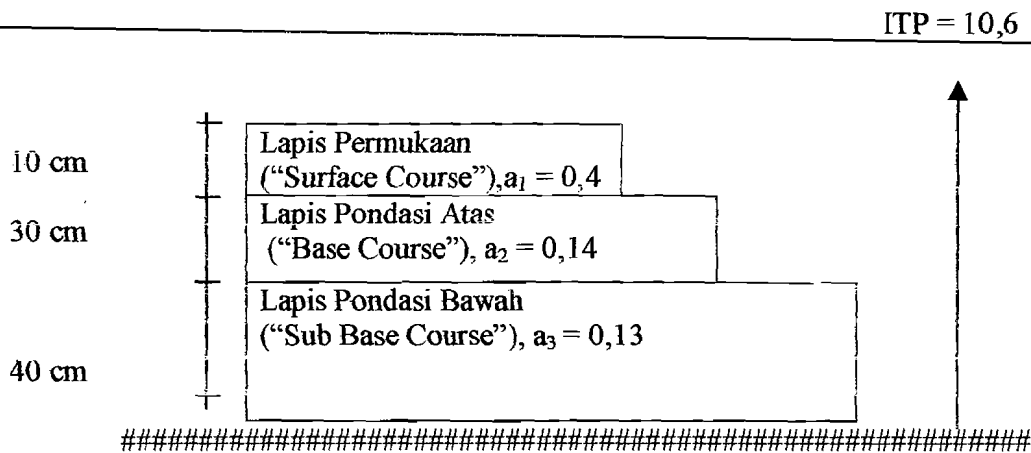
1987 pada Lampiran 7 diperoleh $ITP_{1 \text{ Terpakai}} = 10,6$ sehingga :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$$\begin{aligned} D_1 &= (ITP - (a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3)) / a_1 \\ &= (10,6 - (0,14 \cdot 30 + 0,13 \cdot 40)) / 0,4 \\ &= 3 \text{ cm} \leq 16 \text{ cm (perkerasan masih aman)} \end{aligned}$$

$$D_1 \text{ terpakai} = 10,0 \text{ cm (tebal minimum lapis permukaan, Tabel 3.8)}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.2 Tebal Lapis Keras Tahun 2003 Berdasarkan Hitungan Metode Bina Marga 1987

4. Analisis Komponen Lapis Keras Lentur tahun 2010

Tahun 2010 merupakan umur rencana akhir dari analisis yang dilakukan, tahapan analisis tidak berbeda dengan langkah diatas.

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002})

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002}) ditentukan dengan Persamaan 3.3 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 yang telah dibahas di atas.

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2010})

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2010}) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.4 seperti yang terdapat pada Tabel 5.10. Dengan contoh hitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} LEA &= \sum LHR.C.E \\ &= 33623 \cdot 0,6 \cdot 0,0004 \\ &= 9 \end{aligned}$$

Tabel 5.10 Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2010 dengan
Metode Bina Marga 1987

| Golongan Kendaraan | LHR | C | E | LEA = $\sum LHR.C.E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal) |
|---------------------------------|-------|-----|--------|--|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 2, 3, 4 | 33623 | 0,6 | 0,0004 | 9 |
| 5 | 5900 | 0,7 | 0,1593 | 658 |
| 6 | 5736 | 0,7 | 1,0648 | 4276 |
| 7 | 4160 | 0,7 | 1,3195 | 3843 |
| Total LEA₂₀₁₀ | | | | 8786 |

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₁₀)

Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₁₀) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.5 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LET}_{2010} &= (\text{LEP}_{2002} + \text{LEA}_{2010}) / 2 = (4575 + 8786) / 2 \\ &= 6680 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₁₀)

Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₁₀) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.6 dan 3.7 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LER}_{2010} &= \text{LET}_{2010} \cdot \text{FP} \text{ (Persamaan 3.6)} \\ &= \text{LET}_{2010} \cdot (\text{UR}/10) \text{ (Persamaan 3.7)} \\ &= 6681 \cdot (9/10) \\ &= 6013 \end{aligned}$$

e. Analisis Tebal Komponen

Analisis tebal komponen lapis keras lentur untuk tahun 2010 dilakukan sebagai berikut

1. Berdasarkan langkah 1.g ditentukan data perencanaan sebagai berikut :
 - a. material Laston (AC) koefisien kekuatan relatif (a_1) sebesar 0,40

b. lapis pondasi atas $D_2 = 30 \text{ cm}$, $a_2 = 0,14$

c. lapis pondasi bawah $D_3 = 40 \text{ cm}$, $a_3 = 0,13$

2. Data pendukung

a. $LER_{2010} = 6013$ (8,16 ton beban sumbu tunggal) (Persamaan 3.7)

b. CBR yang dipergunakan adalah CBR Lapis Tanah Dasar $\geq 6\%$

Berdasarkan Gambar 3.1 diperoleh $DDT = 5$

c. $FR = 2,5$ (Tabel 3.1)

d. $I_{Pt} = 2,5$ (Tabel 3.5)

e. $I_{Po} \geq 4$ (Tabel 3.6)

f. Penentuan Tebal Komponen

Berdasarkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Rina Marga

1987 pada Lampiran 7 diperoleh $ITP_{1 \text{ Terpakai}} = 14$ sehingga :

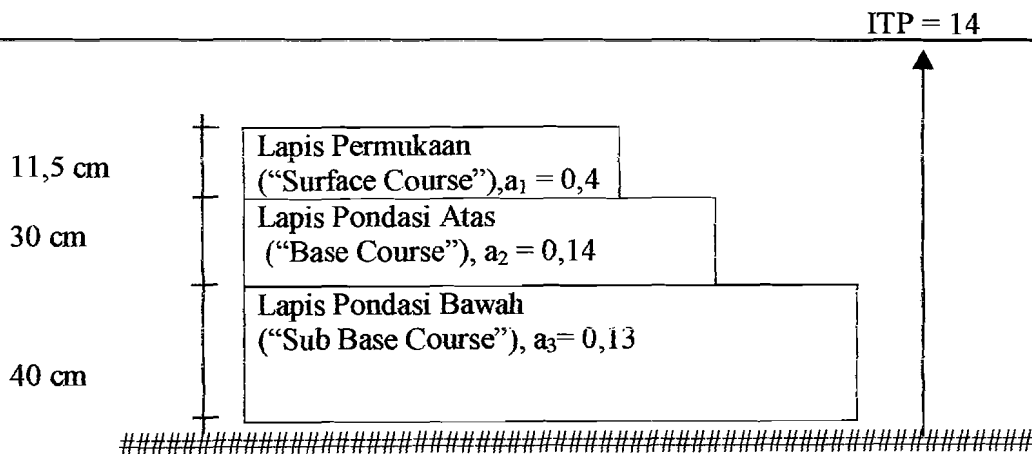
$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$$D_1 = (ITP - (a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3)) / a_1$$

$$= (14 - (0,14 \cdot 30 + 0,13 \cdot 40)) / 0,4$$

$$= 11,5 \text{ cm} \leq 16 \text{ cm (perkerasan masih aman)}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.3 Tebal Lapis Keras Tahun 2010 Berdasarkan Hitungan
Metode Bina Marga 1987

5.2.2 Metode AASHTO 1986

Analisis tebal lapis keras lentur jalan Yogyakarta-Prambanan dengan menggunakan Metode AASHTO 1986 (AASHTO Guide For Design Of pavement Structures, 1986), dilakukan dengan tahapan berikut ini :

1. Data Perhitungan

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

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 dalam analisis ini adalah data lalu-lintas jalan Yogyakarta-Prambanan pada tahun 1999 (Lampiran 5). Data ADT tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini:

Tabel 5.11 Data Lalu-Lintas Tahun 1999

| Gol. Kend | Jenis Kend | Tipe Sumbu | Berat (Ton) | Jumlah tahun 1999 (kend/Hr/1 arah) |
|--------------------------------------|------------|------------|-------------|------------------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (6) |
| 1 | MP | 1.1 | 2 | 13706 |
| 2 | Bus | 1.2 | 9 | 2405 |
| 3 | Truk | 1.2L | 8,3 | - |
| 4 | Truk | 1.2H | 18,2 | 2681 |
| 5 | Truk | 1.22 | 25 | 737 |
| 6 | Trailer | 1.2 - 2 | 26,2 | - |
| 7 | Trailer | 1.2 - 22 | 42 | 393 |
| 8 | Trailer | 1.2 + 2.2 | 31,4 | 566 |
| Total "Average Daily Traffic" | | | | 20488 |

b. Data Pendukung

Data pendukung dalam analisis ini adalah sebagai berikut :

1. periode analisis : 9 tahun
2. pertumbuhan lalu-lintas
 - a. awal umur rencana : berdasarkan Tabel 5.5
 - b. selama umur rencana : 8,5 %
3. klasifikasi jalan : arteri
4. fungsi jalan : rural
5. CBR tanah Dasar : ≥ 6 %
6. asumsi awal
 - a. SN = 3,5
 - b. IPt = 2,5
 - c. IPo = ≥ 4

c. Nilai TEF ("Traffic Equivalent Factor")

TEF ("Traffic Equivalent Factor") merupakan angka ekivalen beban sumbu kendaraan yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal sebesar 18.000 Lbs (18 Kips) dapat menyebabkan kerusakan sama atau penurunan indeks permukaan yang sama jika kendaraan melintas satu kali.

Berdasarkan Lampiran 9 nilai TEF untuk masing-masing golongan kendaraan ditentukan berikut ini :

1. Golongan Kendaraan 1

Berat total kendaraan golongan 1 adalah 2 ton, dengan distribusi beban kendaraan 50 % - 50 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

- | | | |
|---|------------------------|--------------|
| a. As depan tunggal | = 2 ton . 50 % = 1 ton | = 2,205 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,0007 |
| b. As belakang tunggal | = 2 ton . 50 % = 1 ton | = 2,205 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,0007 |
| Total TEF adalah : | 0,0007 + 0,0007 | = 0,0014 |

2. Golongan Kendaraan 2

Berat total kendaraan golongan 2 adalah 9 ton, dengan distribusi beban 34 % - 66 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

- | | | |
|---|---------------------------|--------------|
| a. As depan tunggal | = 9 ton . 34 % = 3,06 ton | = 6,75 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,0263 |
| b. As belakang tunggal | = 9 ton . 66 % = 5,94 ton | = 13,10 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,316 |
| Total TEF adalah : | 0,0263 + 0,316 | = 0,3423 |

3. Golongan 4

Berat total kendaraan golongan 4 adalah 18,2 ton, dengan distribusi beban

34 % - 66 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

- | | | |
|---|-------------------------------|--------------|
| a. As depan tunggal | = 18,2 ton . 34 % = 6,19 ton | = 13,64 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,3635 |
| b. As belakang tunggal | = 18,2 ton . 66 % = 12,01 ton | = 26,49 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 4,464 |
| Total TEF adalah : | 0,3635 + 4,464 | = 4,8275 |

4. Golongan 5

Berat total kendaraan golongan 5 adalah 25 ton, dengan distribusi beban

25 % - 75 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

- | | | |
|---|-----------------------------|--------------|
| a. As depan tunggal | = 25 ton . 25 % = 6,25 ton | = 13,78 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,3758 |
| b. As belakang ganda | = 25 ton . 75 % = 18,75 ton | = 41,34 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 2,4683 |
| Total TEF adalah : | 0,3758 + 2,4683 | = 2,8411 |

5. Golongan 7

Berat total kendaraan golongan 7 adalah 42 ton, dengan distribusi beban

25 % - 75 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

- | | | |
|---|-----------------------------|--------------|
| a. As depan tunggal | = 42 ton . 18 % = 7,56 ton | = 16,67 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,7673 |
| b. As belakang tunggal | = 42 ton . 28 % = 11,76 ton | = 25,93 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 4,0708 |

$$c. \text{ As belakang sambungan ganda} = 42 \text{ ton} \cdot 54\% = 22,68 \text{ ton} = 50,01 \text{ Kips}$$

$$\text{Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF} = 5,3449$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,7673 + 4,0708 + 5,3449 = 10,183$$

6. Golongan 8

Berat total kendaraan golongan 7 adalah 31,4 ton, dengan distribusi beban 25 % - 75 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

$$a. \text{ As depan tunggal} = 31,4 \text{ ton} \cdot 17\% = 5,34 \text{ ton} = 11,77 \text{ Kips}$$

$$\text{Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF} = 0,2074$$

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

$$\text{Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF} = 3,1188$$

$$c. \text{ As gandengan depan tunggal} = 31,4 \text{ ton} \cdot 24\% = 7,536 \text{ ton} = 16,62 \text{ Kips}$$

$$\text{Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF} = 0,7585$$

$$d. \text{ As gandengan depan tunggal} = 31,4 \text{ ton} \cdot 24\% = 7,536 \text{ ton} = 16,62 \text{ Kips}$$

$$\text{Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF} = 0,7585$$

$$\text{Total TEF adalah : } 0,2074 + 3,1188 + 0,7585 + 0,7585 = 4,8432$$

d. Ekuivalen 18 Kips ESAL

Perhitungan ekuivalen 18 Kip ESAL dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini :

Tabel 5.12 Jumlah Kendaraan 18 Kip ESAL, Analisis Dengan Metode AASHTO 1986

| Jenis Kendaraan | Jumlah Kend. Tahun I | Angka Pertumb. LL | Perencanaan LL Tahun I | Faktor Ekvivalen | Perencanaan 18 Kips ESAL |
|---------------------|----------------------|-------------------|------------------------|------------------|--------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| | | 8,5 % | | | |
| 1 | 17507 | 12,75 | 223214.3 | 0.0004 | 89.2857 |
| 2 | 3072 | 12,75 | 39168 | 0,30006 | 11752.75 |
| 3 | - | - | | - | |
| 4 | 2986 | 12,75 | 38071.5 | 5,0264 | 191362.6 |
| 5 | 941 | 12,75 | 11997.75 | 2,7416 | 32893.03 |
| 6 | - | - | | - | |
| 7 | 502 | 12,75 | 6400.5 | 10,1830 | 65176.29 |
| 8 | 723 | 12,75 | 9218.25 | 4,9283 | 45430.3 |
| Jumlah Total | 26361 | | 336102.8 | | 346704.2 |

Keterangan :

- (1) berdasarkan Tabel 2.2
- (2) berdasarkan Tabel 5.6
- (3) faktor pertumbuhan lalu-lintas yang diperoleh dari persamaan :

$$g = \frac{\text{angka pertumbuhan lalu - lintas}}{100} \quad (\text{Persamaan 3.16})$$

$$= 8,5 / 100$$

$$= 0,085$$

$$*\text{factor} = \frac{(1+g)^t - 1}{g} \quad (\text{Persamaan 3.15})$$

$$*\text{factor} = \frac{(1+0,085)^9 - 1}{0,085}$$

$$= 12,75$$

(4) perencanaan lalu-lintas tahun pertama, yaitu (2) x (3)

$$= 17507 \times 12,75 \%$$

$$= 223214,3$$

(5) faktor ekivalen (Tabel 2.2)

(6) perencanaan jumlah kendaraan ekivalen 18 Kip ESAL = (4) x (5)

$$= 223214,3 \times 0,0004$$

$$= 89,2857$$

Sehingga pengulangan kumulatif 18- Kip ESAL perarah pada lajur rencana tahun pertama (Persamaan 3.13):

$$W_{18t} = D_D \times D_L \times W_{18}$$

dengan :

D_D = factor distribusi arah 100 %

D_L = factor distribusi lajur 50 % (Tabel 3.9)

$$W_{18t} = 0,5 \times 1 \times 346704,2$$

$$= 173352,1 \text{ 18-Kip ESAL}$$

$$= 0,18 \cdot 10^6 \text{ 18-Kip ESAL}$$

untuk menentukan pengulangan beban dalam perencanaan fungsi waktu,

diperoleh dari Persamaan 3.14:

$$W_{18t} = W_{18} \cdot \left| \frac{(1+g)^t - 1}{g} \right|$$

$$= 174557,25 \cdot \left| \frac{(1+0,085)^1 - 1}{0,085} \right|$$

$$= 173352,1$$

Dengan :

W_{18t} = kumulatif pengulangan 18-Kip ESAL perarah pada lajur rencana tahun pertama,

W_{18} = kumulatif pengulangan 18-kip ESAL pada tahun pertama,

g = angka pertumbuhan lalu-lintas 8,5 %, dan

t = waktu (tahun perencanaan).

Tabel 5.13 Kumulatif 18-Kip ESAL terhadap waktu

| X | Y |
|------|-------------|
| 2001 | 00000,000 |
| 2002 | 173352,112 |
| 2003 | 361439,128 |
| 2004 | 565513,554 |
| 2005 | 786934,306 |
| 2006 | 1027175,823 |
| 2007 | 1287837,868 |
| 2008 | 1570656,186 |
| 2009 | 1877514,062 |
| 2010 | 2210454,857 |

Keterangan :

X = waktu tahun, dan

Y = kumulatif 18 Kip ESAL beban ekivalen sumbu tunggal perarah pada lajur rencana.

e. Penentuan $SN_{maksimum}$

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

1. R (Tingkat Reliabilitas) = 75 % - 95 %. Dalam analisis ini digunakan nilai R sebesar 95%,
2. Z_r (simpangan baku normal), untuk $R = 95 \%$, maka nilai Z_r yang didapat = -1,645 (Tabel 3.11),

3. S_o (simpangan baku kescluruhan), sebesar ~~0,35 – 0,45~~, dengan prediksi lalu-lintas dipertimbangkan, maka didapatkan nilai $S_o = 0,44$ (langkah 3.3.2.3),
4. M_r (modulus resilient tanah dasar) = $1500 \cdot CBR$ (Persamaan 3.18), sehingga didapat nilai $M_r = 1500 \cdot 6 = 9000$ Psi,
5. PSI (nilai indeks permukaan) sebesar $I_{Po} - I_{Pt}$ (Persamaan 3.11), maka : $PSI = 4,2 - 2,5 = 1,7$
6. Berdasarkan Tabel (5.13) diperoleh $W_{t18} = 2210454,857 \approx 2,21 \cdot 10^6$ (18 Kip ESAL), dan
7. Modulus Resilien bahan ($M_R = E$)
 - LPA = 30.000 Psi (Lampiran 10)
 - LPB = 15.000 Psi (Lampiran 10)

f. Analisis Tebal Lapis Keras Lentur tahun 2002

Dalam analisis ini, tahun 2002 merupakan tahun pertama operasional jalan, dengan tahapan analisis sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan

Lapis Permukaan (lapis HSWC, Laston Ac Binder, Laston AC Base dijadikan satu lapis) dengan penjabaran sebagai berikut :

| | | |
|----|--|------------------------|
| | HSCW ($a_{AC1} = 0,44$, $D_{AC1} = 4$ cm) | |
| SN | AC Binder ($a_{AC2} = 0,44$, $D_{AC2} = 4$ cm) | a_1 , D_1 , SN_1 |
| | AC Base ($a_{AC3} = 0,44$, $D_{AC3} = 8$ cm) | |

$$SN = a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} \quad ITP = a_1 \cdot D_1$$

$$SN = SN_1, \text{ maka } a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} = a_1 \cdot D_1$$

$$\begin{aligned} a_1 &= (a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3}) / D_1 \\ &= (0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 8) / 16 \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

$$R = 95 \%$$

$$S_o = 0,44$$

$$W_1 = 0,173 \times 10^6 \text{ 18 Kip ESAL}$$

$$\text{Pondasi atas 30.000 Psi, } PSI_{TR} = 1,7$$

Dari Nomogram Penentuan SN diperoleh $SN_1 = 1,7$ (Gambar 3.3)

Ketebalan Beton Aspal :

$$\begin{aligned} D^*_1 &= SN_1 / a_1 \\ &= 1,7 / 0,44 \\ &= 3,86'' = 9,81 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm} = 3,94'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN^*_1 &= a_1 \cdot D^*_1 \\ &= 0,44 \cdot 3,94 \\ &= 1,73 > SN_1 = 1,7 \end{aligned}$$

2. Lapis Pondasi Atas

Dengan data yang sama kecuali $E = 15.000 \text{ Psi (LPB)}$ diperoleh $SN_2 =$

2,25, ketebalan batu pecah kelas A :

$$\begin{aligned} D^*_2 &= SN_2 - SN^*_1 / (a_2 m_2) \\ &= 2,25 - 1,73 / (0,14 \cdot 0,8) \\ &= 4,64'' = 11,79 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm} = 4,72'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN^*_2 &= a_2 \cdot D^*_2 \cdot m_2 \\ &= 0,14 \cdot 4,72 \cdot 0,8 \\ &= 0,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN^*_1 + SN^*_2 &> SN_2 \\ 1,73 + 0,53 &= 2,26 > 2,25 \end{aligned}$$

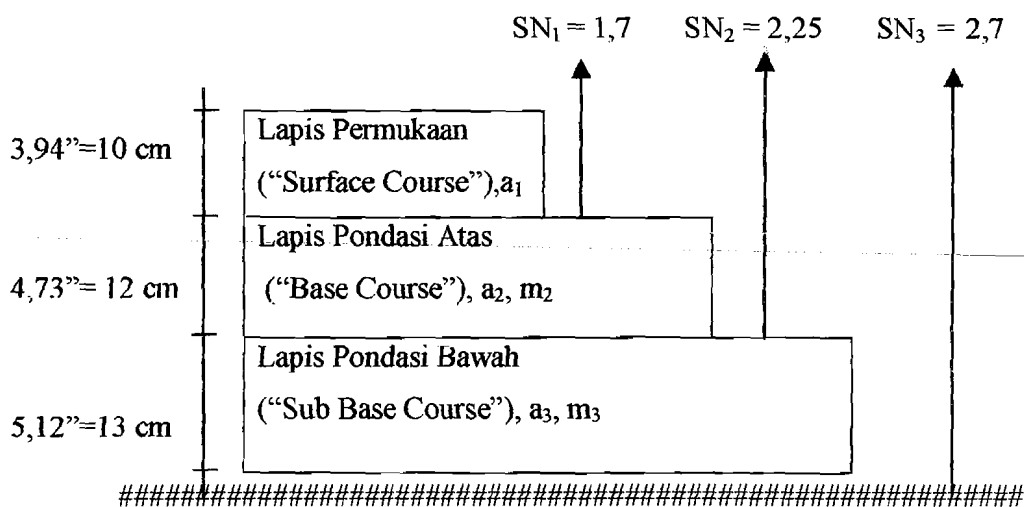
3. Lapis Pondasi Bawah :

Ketebalan agregat kelas B :

$$\begin{aligned} D^*_3 &= [SN_3 - (SN^*_2 + SN^*_1)] / a_3 m_3 \\ &= [2,7 - (0,53 + 1,73)] / 0,11 \cdot 0,8 \\ &= 5'' = 12,7 \text{ cm} \approx 13 \text{ cm} = 5,12'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN_{\text{total}} &= 0,44 \cdot 3,94 + 0,14 \cdot 4,72 \cdot 0,8 + 0,11 \cdot 5,12 \cdot 0,8 \\ &= 2,71 > 2,7 \end{aligned}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.4 Tebal Lapis Keras Tahun 2002 Berdasarkan Hitungan

Metode AASHTO 1986

g. Analisis Tebal Lapis Keras Lentur tahun 2003

Dalam analisis ini, tahun 2003 merupakan tahun kedua operasional jalan.

dengan tahapan analisis sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan

Lapis Permukaan (lapis HSWC, Laston Ac Binder, Laston AC Base dijadikan satu lapis) dengan penjabaran sebagai berikut :

| | | |
|----|--|------------------------|
| | HSCW ($a_{AC1} = 0,44$, $D_{AC1} = 4$ cm) | |
| SN | AC Binder ($a_{AC2} = 0,44$, $D_{AC2} = 4$ cm) | a_1 , D_1 , SN_1 |
| | AC Base ($a_{AC3} = 0,44$, $D_{AC3} = 8$ cm) | |

$$SN = a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} \quad ITP = a_1 \cdot D_1$$

$$SN = SN_1, \text{ maka } : a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} = a_1 \cdot D_1$$

$$a_1 = (a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3}) / D_1$$

$$= (0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 8) / 16$$

$$= 0,44$$

$$R = 95 \%$$

$$So = 0,44$$

$$W_1 = 0,361 \times 10^6 \text{ 18 Kip ESAL}$$

$$\text{Pondasi atas } 30.000 \text{ Psi , } PSI_{TR} = 1,7$$

Dari Nomogram Penentuan SN diperoleh $SN_1 = 1,8$ (Gambar 3.3)

Ketebalan Beton Aspal :

$$D^*_1 = SN_1/a_1$$

$$= 1,8 / 0,44$$

$$= 4,09'' = 10,38 \text{ cm} \approx 10,5 \text{ cm} = 4,13''$$

$$SN^*_1 = a_1 \cdot D^*_1$$

$$= 0,44 \cdot 4,13$$

$$= 1,82 \geq SN_1 = 1,8$$

4. Lapis Pondasi Atas

Dengan data yang sama kecuali $E = 15.000 \text{ Psi (LPB)}$ diperoleh $SN_2 =$

2,3 , ketebalan batu pecah kelas A :

$$D^*_2 = SN_2 - SN^*_1 / (a_2 m_2)$$

$$= 2,3 - 1,82 / (0,14 \cdot 0,8)$$

$$= 4,29'' = 10,89 \text{ cm} \approx 11 \text{ cm} = 4,33''$$

$$SN^*_2 = a_2 \cdot D^*_2 \cdot m_2$$

$$= 0,14 \cdot 4,33 \cdot 0,8$$

$$= 0,48$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$1,82 + 0,48 = 2,3 \geq 2,3$$

5. Lapis Pondasi Bawah :

Ketebalan agregat kelas B :

$$D^*_3 = [SN_3 - (SN^*_2 + SN^*_1)] / a_3 m_3$$

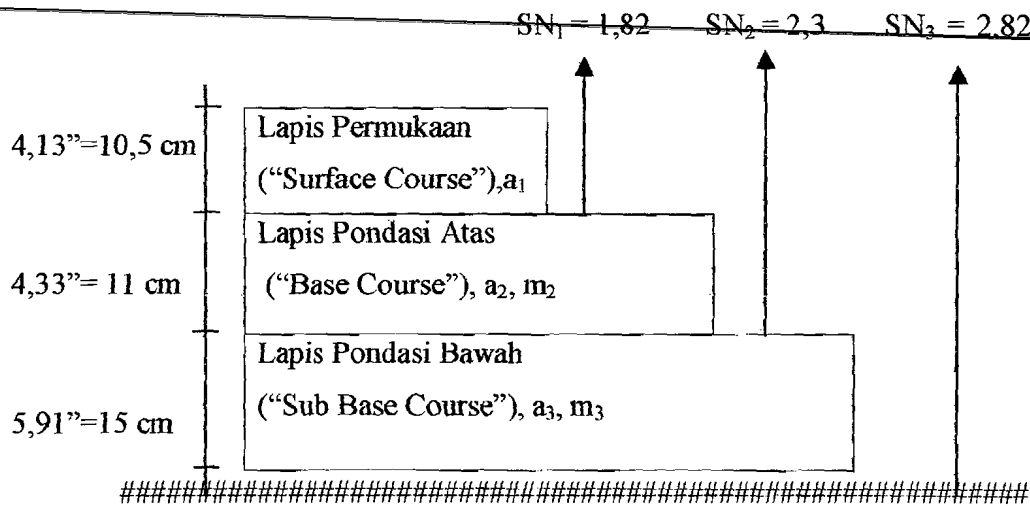
$$= [2,8 - (0,48 + 1,82)] / 0,11 \cdot 0,8$$

$$= 5,68'' = 14,42 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm} = 5,91''$$

$$SN_{\text{total}} = 0,44 \cdot 4,13 + 0,14 \cdot 4,33 \cdot 0,8 + 0,11 \cdot 5,91 \cdot 0,8$$

$$= 2,82 \geq 2,8$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.5 Tebal Lapis Keras Tahun 2003 Berdasarkan Hitungan Metode AASHTO 1986

h. Analisis Tebal Lapis Keras Lentur tahun 2010

Dalam analisis ini, tahun 2002 merupakan tahun pertama operasional jalan, dengan tahapan analisis sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan

Lapis Permukaan (lapis HSWC, Laston Ac Binder, Laston AC Base dijadikan satu lapis) dengan penjabaran sebagai berikut :

| | | |
|----|--|------------------|
| | HSCW ($a_{AC1} = 0,44$, $D_{AC1} = 4$ cm) | |
| SN | AC Binder ($a_{AC2} = 0,44$, $D_{AC2} = 4$ cm) | a_1, D_1, SN_1 |
| | AC Base ($a_{AC3} = 0,44$, $D_{AC3} = 8$ cm) | |

$$SN = a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} \quad \text{ITP} = a_1 \cdot D_1$$

$$SN = SN_1, \text{ maka } a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} = a_1 \cdot D_1$$

$$\begin{aligned} a_1 &= (a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3}) / D_1 \\ &= (0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 8) / 16 \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

$$R = 95 \%$$

$$S_o = 0,44$$

$$W_1 = 2,210 \times 10^6 \text{ 18 Kip ESAL}$$

$$\text{Pondasi atas 30.000 Psi, } \text{PSI}_{TR} = 1,7$$

Dari Nomogram Penentuan SN diperoleh $SN_1 = 2,3$ (Gambar 3.3)

Ketebalan Beton Asfalt :

$$\begin{aligned} D^*_1 &= SN_1 / a_1 \\ &= 2,3 / 0,44 \\ &= 5,227'' = 13,27 \text{ cm} \approx 13,5 \text{ cm} = 5,13'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN^*_1 &= a_1 \cdot D^*_1 \\ &= 0,44 \cdot 5,31'' \\ &= 2,31 > SN_1 = 2,3 \end{aligned}$$

6. Lapis Pondasi Atas

Dengan data yang sama kecuali $E = 15.000 \text{ Psi (LPB)}$ diperoleh $SN_2 =$

3,1 , ketebalan batu pecah kelas A :

$$\begin{aligned} D^*_2 &= SN_2 - SN^*_1 / (a_2 m_2) \\ &= 3,1 - 2,31 / (0,14 \cdot 0,8) \\ &= 7,053'' = 17,9 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm} = 7,087'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SN^*_2 &= a_2 \cdot D^*_2 \cdot m_2 \\
 &= 0,14 \cdot 7,087 \cdot 0,8 \\
 &= 0,79
 \end{aligned}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 > SN_2$$

$$2,31 + 0,79 = 3,1 > 3,1$$

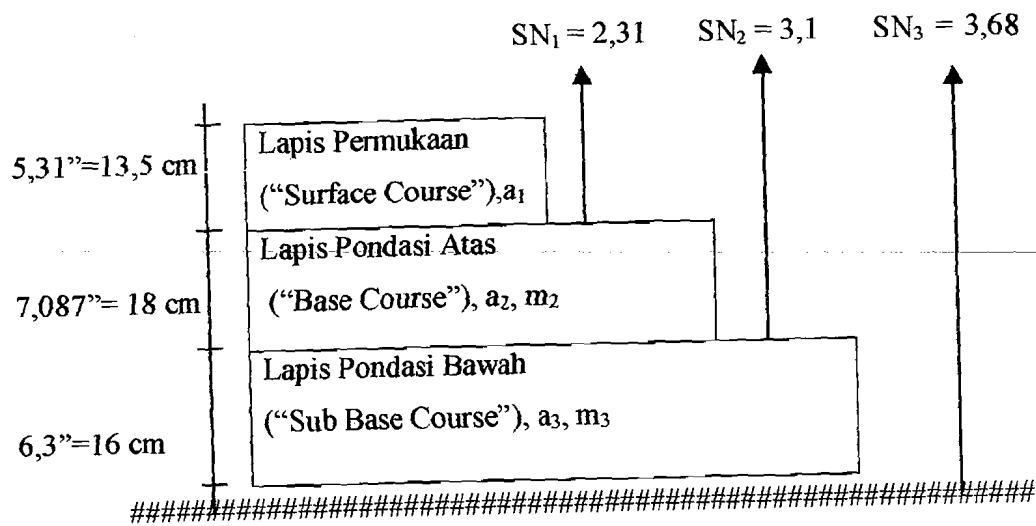
7. Lapis Pondasi Bawah :

Ketebalan agregat kelas B :

$$\begin{aligned}
 D^*_3 &= [SN_3 - (SN^*_2 + SN^*_1)] / a_3 m_3 \\
 &= [3,65 - (0,79 + 2,31)] / 0,11 \cdot 0,8 \\
 &= 6,25'' = 15,875 \text{ cm} \approx 16 \text{ cm} = 6,3''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SN_{\text{total}} &= 0,44 \cdot 5,31 + 0,14 \cdot 7,087 \cdot 0,8 + 0,11 \cdot 6,3 \cdot 0,8 \\
 &= 3,68 > 3,65
 \end{aligned}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.6 Tebal Lapis Keras Tahun 2010 Berdasarkan Hitungan

Metode AASHTO 1986

h. Pembahasan Analisis

Analisis tebal lapis keras lentur ruas jalan Yogyakarta-Prambanan Stasiun 7+500-10+575 dilakukan dengan dua macam metode, yaitu Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1986. Dalam hal ini keduanya dipakai untuk memprediksikan kemampuan lapis keras lentur hingga tahun 2010 pada ruas jalan yang telah disebutkan.

Berdasarkan hasil analisis yang ada (Tabel 5.14) dapat diketahui bahwa hasil analisis masing-masing metode adalah berbeda, hal ini disebabkan adanya perbedaan asumsi, parameter dan prosedur perencanaan yang digunakan masing-masing metode. (Tabel 5.15)

Tabel 5.14 Hasil Analisis dengan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986

| Metode Tahun | Bina Marga 1987 | | | AASHTO 1986 | | | Konstruksi Yang Terpasang (cm) |
|----------------|-----------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|--------------------------------|
| | 2002 (cm) | 2002 (cm) | 2010 (cm) | 2002 (cm) | 2003 (cm) | 2010 (cm) | |
| Lap. Permukaan | 7,5 | 10 | 11,5 | 10 | 10,5 | 13,5 | 16 |
| LPA | 30 | 30 | 30 | 12 | 11 | 18 | 30 |
| LPB | 40 | 40 | 40 | 13 | 15 | 16 | 40 |

Tabel 5.15 Perbedaan pada perhitungan lapis keras dengan menggunakan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986

| Uraian (1) | Metode Bina Marga 1987 (2) | Metode AASHTO 1986 (3) |
|-----------------------------|--|---|
| Daya Dukung Tanah Dasar | Dikorelasikan dengan nilai CBR, menggunakan Grafik 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, digunakan parameter baru |
| Parameter Baru | Tidak digunakan | Reliabilitas, Simpangan Baku, dan Koefisien Drainase |
| Penentuan Tebal Lapis Keras | $IIP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$ | $SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$ |

Berdasarkan Tabel 5.15 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

Dari uraian pembahasan dan hasil analisis tebal lapis keras pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan :

1. prosedur perencanaan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga dan Metode AASHTO 1986 mempunyai banyak kemiripan, hal ini disebabkan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga banyak mengikuti atau menyadur perencanaan dari AASHTO 1986 yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan di Indonesia,
2. dari hasil analisis diperoleh ketebalan lapis permukaan ("Surface Course") yang berbeda antara Metode Analisa Komponen dari Bina Marga dan AASHTO1986. Perbedaannya sebesar 2 cm lebih tebal hasil perhitungan dengan Metode AASHTO 1986 dibanding dengan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga,
3. dari hasil analisa yang kita dapatkan perbedaan yang ada tidak membuat metode yang satu lebih baik dari metode yang lainnya. Hal tersebut wajar terjadi, karena perbedaan kondisi lapangan, bahan material yang digunakan antara Indonesia dan Amerika sangat berbeda, seperti yang telah diungkapkan pada item no. 1, dan

4. dari hasil analisis diatas dapat diketahui bahwa sampai dengan tahun 2010 struktur perkerasan Jalan Yogyakarta – Prambanan masih aman untuk menerima beban lalu-lintas yang ada.

6.2 Saran

Dari beberapa hasil kesimpulan di atas, penulis mencoba untuk memberikan beberapa saran-saran sebagai berikut :

1. parameter-parameter perencanaan perkerasan jalan sebaiknya benar-benar diperhatikan,
2. variabel-variabel yang disesuaikan oleh Bina Marga sebaiknya tiap 5 atau 10 tahun ditinjau kembali karena perbedaan perkembangan lalu-lintas dan kondisi lingkungan,
3. diadakanya penghitungan lalu-lintas yang lewat tiap tahunnya sehingga diketahui pertumbuhan lalu-lintas per tahunnya dan LHR aktualnya,
4. meningkatkan penyuluhan kepada para pemakai jalan terutama kendaraan berat untuk tidak lagi memuat barang melebihi beban yang telah ditetapkan, karena hal ini merupakan salah satu faktor utama penyebab kerusakan jalan di Indonesia, dan
5. perlu lebih ditingkatkan kerja sama dan koordinasi antar instansi terkait seperti Dinas Lalu-Lintas dan Jalan Raya (DLLAJR), Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan , serta pihak Kepolisian,

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO, 1986, **AASHTO Interim Guide Design Of Pavement Structure**, Washington, D.C.

_____, 1970, **Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, No. 13/1970**, Dir. Jendral Bina Marga, Badan Penerbit PU, Jakarta.

_____, 1990, **Spesifikasi Standar Untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota**, Perencanaan Teknik Jalan Bipran Bina Marga DPU.

_____, 1987, **Petunjuk Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Analisis Komponen SKBI 2.3.26.1987**, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Penerbit PU.

Sukirman, Silvia, 1994, **Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya**, Penerbit Nova, Bandung.

Sukirman, Silvia, 1999, **Perencanaan Lapis Lentur Jalan Raya**, Penerbit Nova, Bandung.

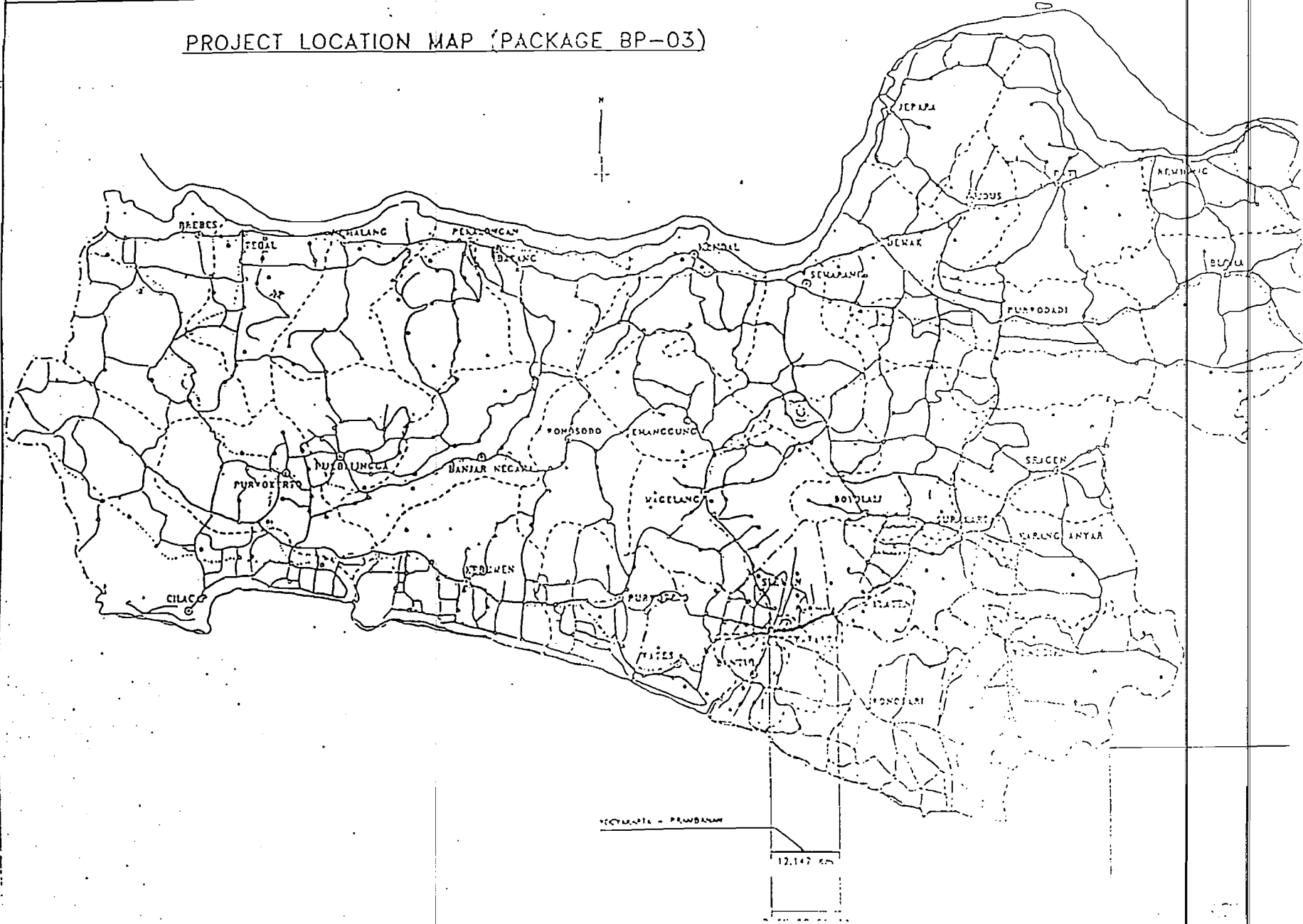
Tim PTN dan PTS, 1997, **Rekayasa Jalan Raya**, Penerbit Gunadarma, Jakarta.

Suprpto, 1991, **Teknik Jalan Raya**, Fakultas Teknik Sipil Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

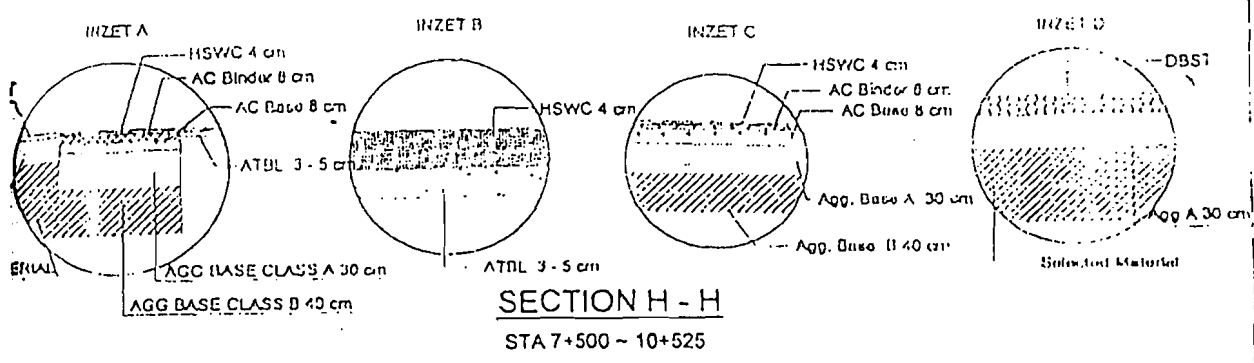
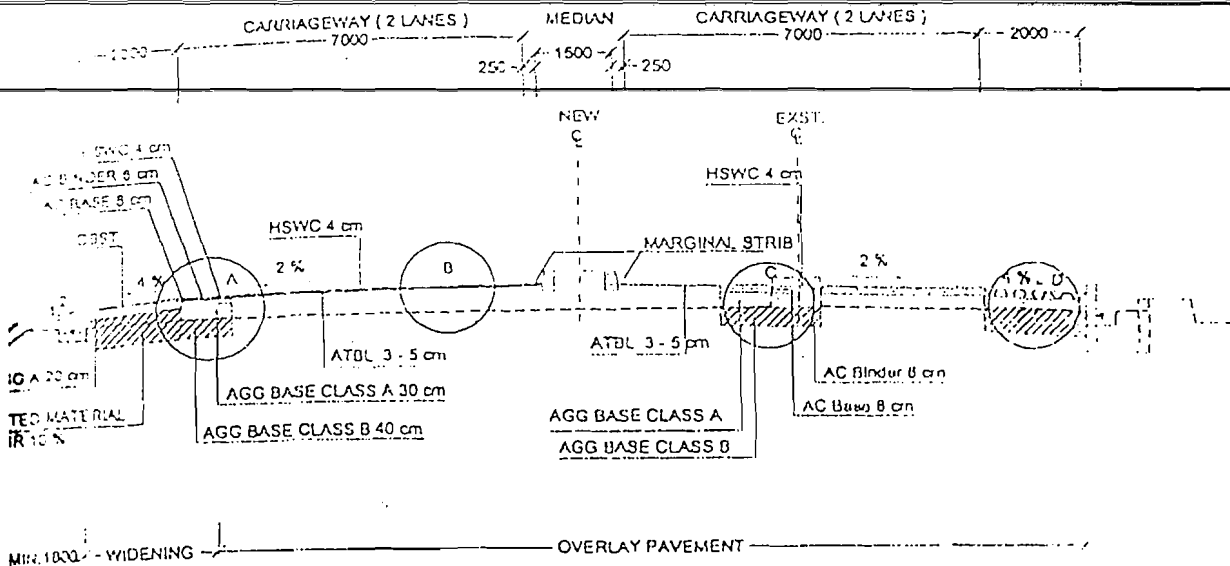
Suprpto, 1994, **Teknik Jalan Raya**, Fakultas Teknik Sipil Universitas Gajah Mada Yogyakarta

LAMPIRAN

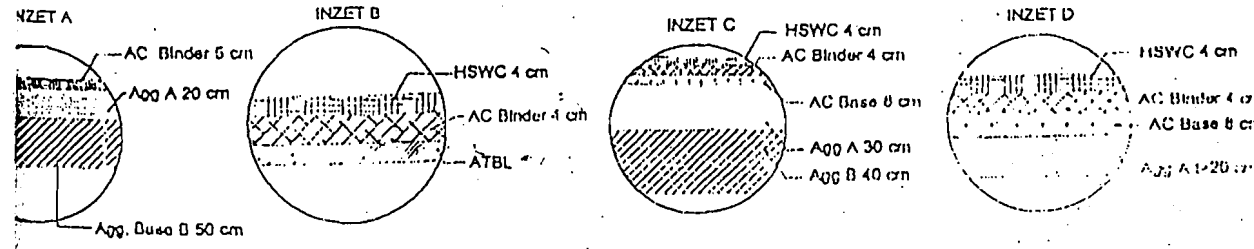
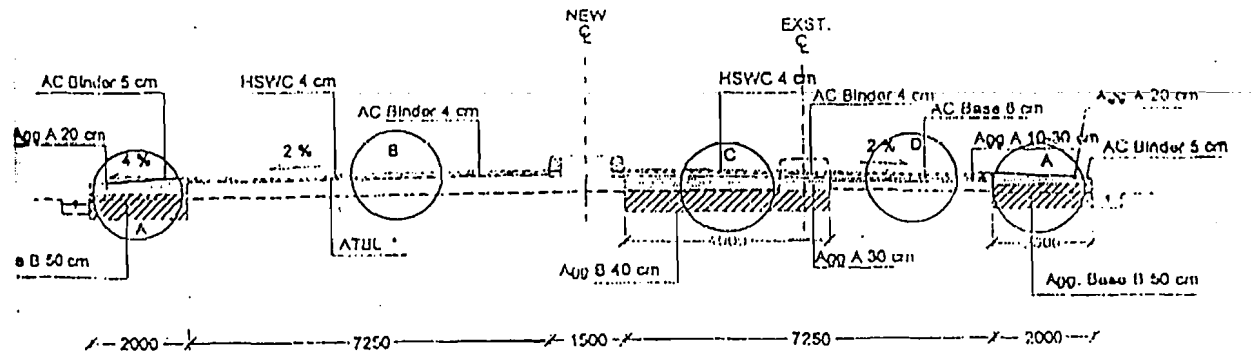
PROJECT LOCATION MAP (PACKAGE BP-03)



ORIGINAL DESIGN



REVIEW DESIGN



Thickness Variable, depend on the existing profile
 * Widening of Shoulder Variable



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
 DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

**FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS
 SELAMA 24 JAM (FORMULIR LAPORAN)**

KONSULTAN : KARYA SEJATI.

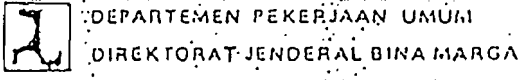
NOMOR PROPINSI : 026
 NAMA PROPINSI : D. I. YOGYAKARTA
 KLAS/NOMOR POS : A. A003
 LOKASI POS : YOG. 009.0
 TANGGAL : 13 02 97
 (HARI) (BULAN) (TAHUN)
 KELOMPOK HITUNG : 1
 PERIODE : 4
 ARAH LALU LINTAS DARI : YOGYAKARTA
 KE : PRAMBANAN

| GOLONGAN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------|---|-------------------------------------|---|--|-------------|--------------|---|-----------------------------|
| J A M | SEPEDA MOTOR SEKUTER SEPEDA KUMBANG DAN RODA 3 | SEDAN, JEEP DAN STATION WAGON | OPLET, PICKUP, OPLET, SUBURBAN COMBI S. MINIBUS | PICK UP, MICROTRUK -B MOBIL HANTARAN | BUS | TRUK 2 SUMBU | TRUK 3 SUMBU ATAU LEBIH, GANDENGAN TRAILER | KENDARAAN TIDAK BERMOTOR |
| 06 - 07 | 285 | 75 | 96 | 71 | 60 | 26 | 10 | 160 |
| 07 - 08 | 420 | 115 | 152 | 92 | 116 | 32 | 23 | 285 |
| 08 - 09 | 481 | 130 | 191 | 116 | 96 | 51 | 42 | 252 |
| 09 - 10 | 352 | 119 | 201 | 151 | 132 | 178 | 60 | 221 |
| 10 - 11 | 395 | 120 | 226 | 131 | 152 | 116 | 58 | 191 |
| 11 - 12 | 375 | 145 | 176 | 152 | 116 | 71 | 40 | 186 |
| 12 - 13 | 337 | 138 | 132 | 58 | 98 | 87 | 30 | 102 |
| 13 - 14 | 329 | 115 | 102 | 79 | 92 | 52 | 25 | 78 |
| 14 - 15 | 296 | 96 | 96 | 61 | 82 | 63 | 32 | 52 |
| 15 - 16 | 385 | 78 | 82 | 51 | 80 | 79 | 42 | 89 |
| 16 - 17 | 289 | 96 | 128 | 116 | 71 | 55 | 26 | 219 |
| 17 - 18 | 341 | 91 | 93 | 98 | 45 | 51 | 2 | 231 |
| 18 - 19 | 121 | 71 | 63 | 56 | 26 | 22 | 21 | 102 |
| 19 - 20 | 151 | 56 | 49 | 49 | 21 | 20 | 19 | 116 |
| 20 - 21 | 121 | 84 | 79 | 85 | 29 | 26 | 9 | 68 |
| 21 - 22 | 120 | 86 | 51 | 93 | 20 | 162 | 12 | 50 |
| 22 - 23 | 120 | 116 | 35 | 72 | 12 | 100 | 12 | 49 |
| 23 - 24 | 102 | 82 | 28 | 22 | 6 | 52 | 16 | 46 |
| 24 - 01 | 93 | 63 | 43 | 54 | 18 | 62 | 22 | 22 |
| 01 - 02 | 102 | 40 | 46 | 50 | 40 | 30 | 29 | 71 |
| 02 - 03 | 103 | 56 | 52 | 49 | 43 | 42 | 22 | 81 |
| 03 - 04 | 178 | 62 | 68 | 43 | 59 | 70 | 32 | 91 |
| 04 - 05 | 153 | 71 | 72 | 61 | 50 | 76 | 33 | 113 |
| 05 - 06 | 120 | 102 | 120 | 78 | 66 | 86 | 40 | 134 |
| TOTAL | 5999 | 2271 | 2486 | 1900 | 1540 | 1681 | 693 | 3039 |

CATATAN :

PENGAWAS :

(.....)



FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS
 SELAMA 24 JAM (FORMULIR LAPORAN)

KONSULTAN : KARYA SEJATI.

NOMOR PROPINSI: 026
 NAMA PROPINSI: D. I. YOGYAKARTA
 KLAS/NOMOR POS: A. A003
 LOKASI POS: YOG. 009.0
 TANGGAL: 13 02 91
 KELOMPOK HITUNG PERIODE: 1 4
 ARAH LALU LINTAS DARI: PRAMBANAN
 KE: YOGYAKARTA

| GOLONGAN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|-------------------------------------|--|---|-------|--------------|---|-----------------------------|
| J A M | SEPEDA MOTOR SEKUTER SEPEDA KUMBAHANG DAN RODA 3 | SEDAN, JEEP DAN STATION WAGON | OPLET, PICKUP, OPLET, SUBURBAN COMBI & MINIBUS | PICK UP, MICROTRUK "B" MOBIL HANTARAN | B U S | TRUK 2 SUMBU | TRUK 3 SUMBU ATAU LEBIH, GANDENGAN TRAILER | KENDARAAN TIDAK BERMOTOR |
| 06 - 07 | 320 | 116 | 107 | 76 | 65 | 24 | 4 | 174 |
| 07 - 08 | 418 | 127 | 161 | 132 | 90 | 41 | 19 | 256 |
| 08 - 09 | 427 | 155 | 189 | 155 | 116 | 103 | 46 | 283 |
| 09 - 10 | 337 | 128 | 230 | 98 | 61 | 95 | 26 | 271 |
| 10 - 11 | 291 | 121 | 240 | 133 | 99 | 103 | 53 | 215 |
| 11 - 12 | 301 | 135 | 227 | 58 | 74 | 164 | 59 | 116 |
| 12 - 13 | 387 | 123 | 248 | 130 | 86 | 88 | 64 | 141 |
| 13 - 14 | 292 | 141 | 237 | 92 | 67 | 94 | 47 | 103 |
| 14 - 15 | 387 | 78 | 127 | 98 | 116 | 78 | 34 | 143 |
| 15 - 16 | 271 | 79 | 107 | 100 | 92 | 71 | 19 | 109 |
| 16 - 17 | 387 | 101 | 107 | 99 | 64 | 74 | 35 | 243 |
| 17 - 18 | 325 | 76 | 72 | 38 | 67 | 61 | 38 | 203 |
| 18 - 19 | 116 | 53 | 84 | 30 | 66 | 51 | 17 | 101 |
| 19 - 20 | 176 | 55 | 88 | 74 | 41 | 30 | 9 | 79 |
| 20 - 21 | 121 | 84 | 53 | 69 | 46 | 61 | 13 | 53 |
| 21 - 22 | 110 | 93 | 44 | 43 | 10 | 51 | 16 | 54 |
| 22 - 23 | 112 | 73 | 52 | 53 | 9 | 71 | 10 | 37 |
| 23 - 24 | 88 | 91 | 36 | 52 | 13 | 47 | 7 | 51 |
| 24 - 01 | 75 | 48 | 43 | 96 | 6 | 44 | 26 | 52 |
| 01 - 02 | 107 | 72 | 41 | 116 | 15 | 39 | 13 | 67 |
| 02 - 03 | 116 | 42 | 49 | 121 | 24 | 37 | 21 | 55 |
| 03 - 04 | 113 | 56 | 72 | 120 | 22 | 46 | 24 | 67 |
| 04 - 05 | 125 | 77 | 72 | 151 | 27 | 43 | 32 | 75 |
| 05 - 06 | 189 | 97 | 74 | 151 | 31 | 53 | 35 | 132 |
| TOTAL | 5581 | 2346 | 2818 | 2285 | 1307 | 1629 | 647 | 3080 |

CATATAN :

PENGAWAS :

(.....)