TUGAS AKHIR

ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS JALAN LINGKAR UTARA YOGYAKARTA UNTUK MELAYANI LALULINTAS DALAM WAKTU 20 TAHUN MENDATANG DENGAN METODE AASHTO 1986 DAN BINA MARGA 1987



FAKULTAS TEKNIK SIPIL

Disusun oleh :

AGUS TARWIJI 87310023

SRI NURYATI 88310156

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

1994

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS TEBAL LAPIS KERAS JALAN LINGKAR UTARA YOGYAKARTA UNTUK MELAYANI LALULINTAS DALAM WAKTU 20 TAHUN MENDATANG DENGAN METODE AASHTO 1986 DAN BINA MARGA 1987

Disusun Oleh :

AGUS TARWIJI	**87310023**
SRI NURYATI	**88310156**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Wardhani Sartono, MSc
Pembimbing I

Tanggal, 19-6-94

Ir. H. Balya Umar, MSc
Pembimbing II

Tanggal,

KATA PENGANTAR

Assalamu'allaikum wr. wb.

Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Pengasih atas segala karunia-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.

Tugas Akhir merupakan kewajiban bagi setiap mahasiswa yang telah mendapat persetujuan pihak jurusan sesuai dengan syarat-syarat yang telah berlaku, guna melengkapai tugas-tugas untuk mencapai gelar sarjana pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonaesia.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis memberi judul **Analisis Tebal Lapis Keras pada Jalan Lingkar Utara Yogyakarta Untuk Melayani Lalulintas 20 Tahun Mendatang.** Di dalam tulisan ini didalamnya berisikan laporan analisis tebal lapis keras pada jalan tersebut yang ditinjau dengan menggunakan dua metode, yaitu Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1986.

Tugas Akhir ini dalam penyusunannya tentu ditemu-kan kekurangan-kekurangan yang disebabkan karena keterbatasan kemampuan penulis, baik kemampuan keluasan ilmu dan wawasan serta kemampuan menuangkan ide-ide ke dalam bentuk tulisan. Oleh karena itu, segala koreksi

dan saran yang bersifat konstruktif, akan penulis terima dengan senang hati guna penyempurnaan tugas akhir ini, semoga tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Dengan selesainya penulisan tugas akhir ini, tidak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih atas segala bimbingan, saran dan pengarahan serta nasehat, khususnya kepada :

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS., Dekan Fakultas Tenik Sipil dan Perencanaan Unversitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistyono, MSCE., Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitaas Isam Indonesia.
3. Bapak Ir. Wardhani Sartono, MSc., Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Balya Umar, MSc., Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak-bapak pada instansi tertentu dan teman-teman serta kedua orang tua penulis yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Mudah-mudahan segala amal baik bapak-bapak serta berbagai pihak yang membantu terselesainya Tugas Akhir ini mendapat nilai ibadah yang saleh dari Allah S.W.T Yang Maha Pemurah lagi Maha Pengasih Amin.

Wassalamu'allaikum wr.wb.

Yogyakarta, Juni 1994

Penulis

AGUS TARWIJI

SRI NURYATI

INTISARI

Dalam era pembangunan yang semakin cepat ini, tidak dapat dipungkiri lagi bahwa prasarana jalan raya memiliki andil yang cukup besar dalam meningkatkan efisiensi waktu dan efektifitas kerja. Tidak terkecuali kota Yogyakarta, selain predikatnya sebagai kota budaya dan pelajar, juga telah menjadi salah satu kota tujuan para investor menanamkan modalmya guna perdagangan. Hal ini membawa konsekuensi tersendiri dibidang jasa transportasi darat. Tentunya jalan raya yang memadai dan baik dibutuhkan dalam menunjang maksud di atas, baik dalam manajemennya, juga dalam hal teknis perancangannya, yaitu dapat memberikan pergerakan lalulintas, orang dan barang secara aman dan nyaman.

Untuk mendapatkan perkerasan yang dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada para pengguna jalan, segala parameter atau ukuran dasar perhitungan harus dipertimbangkan, antara lain : 1) indek permukaan, 2) umur rencana, 3) kekuatan tanah dasar, 4) beban lalulintas, 5) kekuatan relatif bahan, 6) faktor regional. Pada penulisan ini, seluruh ukuran dasar yang menentukan dan yang mempenjaruhi struktur perkerasan tersebut dipertimbangkan. Sebagai pedoman perancangan, metoda perhitungan yang dipakai adalah dari Bina Marga tahun 1987 dan metode AASHTO tahun 1986. Dalam perkembangannya, metoda analisa komponen ini banyak merujuk referensi hasil penelitian yang dilakukan oleh AASHTO.

Akan tetapi, maksud memasukkan metode dari AASHTO kedalam penelitian ini bukanlah semata-mata membandingkan hasil perhitungan yang diperoleh. Bagaimanapun juga, metode yang dipakai setiap negara selalu mengacu pada kondisi lapangan setempat dan faktor kemudahan dalam pengadaan bahan perkerasan. Dengan begitu kemungkinan perbedaan hasil perhitungan keduannya pasti ada. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa telah ada penyesuaian metode perancangan dari Bina Marga atas metode dari AASHTO, selain itu perbedaan tersebut juga disebabkan karena besaran nilai angka ekivalen yang diberikan oleh Bina Marga lebih besar dari nilai angka ekivalen dari ASSHTO.

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR i

INTISARI iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR LAMPIRAN x

BAB I PENDAHULUAN 1

A. Latar Belakang masalah 1

B. Lokasi Dan Ruang Lingkup 5

C. Tujuan Penelitian 6

D. Batasan Masalah 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 10

A. Konstruksi Lapis Keras Lentur 11

1. Lapis Permukaan (Surface Course) 11

2. Lapis Pondasi 14

3. Lapis Pondasi Bawah 17

4. Tanah dasar (Subgrade) 18

B. Indek Permukaan 19

C. Umur rencana 22

D. Kondisi lingkungan 23

BAB III LANDASAN TEORI 25

A. Pendahuluan 25

B. Metoda Bina Marga 1987 25

1. Prosentase Kendaraan Pada Jalur Rencana. 26

2. Angka Ekivalen 30

3. Lintas Ekivalen 31

4. Daya Dukung Tanah (DDT) 33

5. Faktor Regional (FR) 34

6. Indek Permukaan (IP) 35

7. Indek Tebal Perkerasan (ITP) 36

8.Koefisien Kekuatan Relatif (a) 38

C. Metoda AASHTO 1986 41

1. Batasan Waktu 44

2. Beban Lalulintas dan Tingkat Pertumbu -

han lalulintas 44

3. Reliabilitas dan Simpangan Baku 49

4. Kondisi Lingkungan 50

5. Kriteria Kinerja Jalan 53

6. Nilai Modulus Resilien (Mr) 53

7. Faktor Drainasi 54

8. Menentukan Nilai SN Tahap Pertama 55

BAB IV CARA ANALISIS 59

A. Metodologi Analisis 59

B. Metoda Penentuan Subyek 59

C. Metoda Pengumpulan Data 59

D. Metoda Analisa Data 61

BAB V HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN 62

A. Analisa Perhitungan 62

1. Metoda Bina Marga 1987 63

a. Perhitungan Pewrencanaan Tebal Lapis - Keras 63

b. Perhitungan Overlay Jalan Lama 73

2. Metoda AASHTO 1986 76

a. Perhitungan Pewrencanaan Tebal Lapis - Keras 76

b. Perhitungan Overlay Jalan Lama 89

B. Pembahasan 92

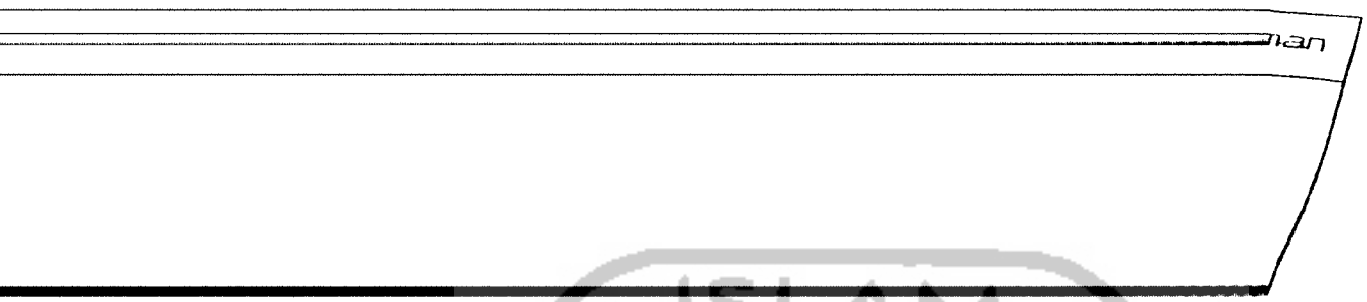
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 97

A. KESIMPULAN 98

B. SARAN 99

DAFTAR PUSTAKA 100

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

No.	Gambar	Keterangan	Halaman
1	1.1	Menunjukkan hubungan antara kecepatan dengan perbandingan V/C	3
2	1.2	Illustrasi pada masing-masing tingkat pelayanan	4
3	1.3	Peta wilayah analisis	6
4	2.1	Struktur perkerasan lentur	11
5	2.2	Penyebaran tekanan radial vertikal	12
6	2.3	Kondisi fisik campuran agregat	16
7	2.4	Distribusi beban roda	19
8	2.5	Penurunan indek permukaan akibat beban lalulintas dan pengaruh lingkungan	20
9	3.1	Korelasi DDT dan CBR	34
10	3.2	Grafik hubungan antara 18-k ESAL	48
11	3.3	Grafik hubungan antara IPswell dan waktu dari saat jalan tersebut dibuka	52
12	3.4	Nomogram nilai SN	56
13	3.5	Struktur perkerasan tiap lapis	58
14	5.1	Tebal lapis keras dari hitungan Bina Marga	72
15	5.2	Tebal lapis keras dari hitungan penambahan lapisan metoda Bina Marga	75
16	5.3	Tebal lapis keras metoda AASHTO 1986	86
17	5.4	Tebal lapis keras menurut hasil test Marshal metoda AASHTO 1986	88
18	5.5	Tebal lapis keras penambahan overlay metoda AASHTO 1986	90

DAFTAR TABEL

No.	Tabel	Keterangan	Halaman
1	2.1	Nilai IP pada awal umur rencana untuk masing-masing jenis lapis permukaan	21
2	2.2	nilai IP pada akhir umur rencana (IPt)	22
3	3.1	Standart perencanaan geometrik	27
4	3.2	Jumlah jalur berdasarkan lebar perkerasan	28
5	3.3	Koefisien distribusi kendaraan (C)	29
6	3.4	Pengelompokan kendaraan	30
7	3.5	Angka ekivalen beban sumbu kendaraan	31
8	3.6	Faktor Regional (FR)	35
9	3.7	Batas-batas minimum tebal lapis keras	
		1. Lapis permukaan	37
		2. Lapis Pondasi	38
		3. Lapis pondasi bawah	38
10	3.8	Koefisien kekuatan relatif (a)	38
11	3.9	Koefisien kekuatan relatif (a)	39
12	3.10	Faktor ekivalen gandar tunggal Pt = 2,0	45
13	3.11	Faktor ekivalen gandar ganda Pt = 2,0	46
14	3.12	Faktor distribusi jalur	47
15	3.13	Tingkat reliabilitas	49
16	3.14	Simpangan baku keseluruhan	50
17	3.15	Kualitas drainasi	54
18	3.16	Koefisien drainasi	55
19	5.1	Data lalulintas harian rata-rata	64
20	5.2	Data lalulintas harian rata-rata	65
21	5.3	Jumlah lalulintas harian rata-rata berdasarkan hitungan dengan rumus $(1+i)^n$	67
22	5.4	Data lalulintas tahun 1994	76
23	5.5	Faktor ekivalen kendaraan	78
24	5.6	Jumlah kendaraan ekivalen 18-k ESAL	79
25	5.7	Kumulatif 18-k ESAL terhadap waktu	80
26	5.8	PSIsw terhadap waktu	83
27	5.9	Perhitungan umur aktual	84
28	5.10	Hasil hitungan lapis keras berdasarkan hitungan AASHTO 1986	90
29	5.11	Hasil hitunga penambahan (overlay) metoda AASHTO	91

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Lampiran	Keterangan	Halaman
1	1	Gambar Nomogram ITP ,IPt=2,5 dan Ipo ≥ 4	1
2	2	Gambar Nomogram ITP, IPt = 2,5 IPo = 3,9 - 3,5	2
3	3	Gambar Nomogram ITP, IPt=2,0 dan Ipo ≥ 4	3
4	4	Gambar nomogram ITP, IPt = 2,0 IPo = 3,9 - 3,5	4
5	5	Gambar Nomogram ITP, IPt = 1,5 IPo = 3,9 -3,5	5
6	6	Gambar Nomogram ITP, IPt = 1,5 IPo = 3,4 - 3,0	6
7	7	Gambar Nomogram ITP, IPo = 1,5 IPo = 2,9 - 2,5	7
8	8	Gambar Nomogram ITP, IPo = 1,0 IPo = 2,9 - 2,5	8
9	9	Gambar Nomogram ITP, IPo = 1,0 IPo ≥ 2,4	9
10	10	Gambar grafik potensi pengembangan verti-tikal	10
11	11	Gambar koefisien kekuatan relatif	11
12	12	Gambar koefisien kekuatan relatif lapis pondasi	12
13	13	Gambar koefisien kekuatan relatif lapis-pondasi bawah	13
14	14	Variation in a for cement bases with base strength parameter	14
15	15	Variatin in a2 for bituminous base with base strength parameter	15
16	16	Faktor pertumbuhan lalulintas	16
17	17	Typical cross section	17

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Transportasi darat merupakan salah satu sektor yang tengah digiatkan pembangunannya oleh pemerintah akhir-akhir ini. Adalah suatu kenyataan bahwa salah satu faktor timbulnya masalah kepadatan lalulintas di kota-kota besar, antara lain karena tidak seimbangnya jumlah pemakaian/pemilikan kendaraan dengan penyediaan prasarana transportasi.

Transportasi darat dengan prasarana jalan raya merupakan prasarana transportasi yamg paling besar menerima pengaruh adanya peningkatan taraf hidup manusia. Fungsi utama jalan raya adalah sebagai prasarana untuk melayani pergerakan lalulintas, manusia dan barang secara aman, nyaman, cepat dan ekonomis.

Sehingga timbul beberapa permasalahan yang perlu diatasi dalam mempersiapkan kota Yogyakarta sebagai daerah tujuan wisata, budaya, pelajar dan perdagangan, yang menjadi sasaran tersebut antara lain : (1) menambah pengembangan jaringan jalan, (2) mengupayakan pengawasan terhadap pelanggaran muatan, (3) mengupayakan pola jalan dan lalulintas yang mantap serta pengawasan yang kurang terarah, (4) menambah panjang dan lebar jalan untuk mengimbangi peningkatan jumlah kendaraan dan perkembangan arus lalulintas.

Hal tersebut diatas tentu menjadi agenda besar

yang perlu dicapai mengingat pertumbuhan kendaraan bermotor meningkat tajam sekitar 5,6% untuk sedan, dan 26,4% untuk bis. Sedang pertumbuhan lalulintas berkisar antara 55 sampai 10%, yang tidak berimbang dengan perkembangan panjang jalan yang hanya berkisar 1,9% [1)]

Salah satu cara pemecahan masalah tersebut diantaranya adalah dengan meningkatkan mutu jalan-jalan yang sudah ada atau pembuatan jalan-jalan baru yang berkwalitas tinggi, yaitu menuntut tersedianya jalan yang cukup dan memadai didalam kota maupun dipinggiran kota. Jalan yang didalam kota sendiri untuk melayani arus didalam kota.sedangkan jalan dipinggiran kota untuk melayani arus diluar kota terutama untuk melayani arus lalulintas yang datangnya dari luar kota tanpa masuk ke dalam kota Yogyakarta, sehingga dapat mengurangi kepadatan arus lalulintas. Walaupun demikian, kebijaksanaan yang diambil didalam menyelesaikan problematika diatas tentu melalui pertimbangan-pertimbangan yang mendasar. Sehingga kesalahan rencana dapat ditekan sekecil mungkin untuk mendapatkan jaringan jalan yang sesuai dengan fungsi dasarnya jalan yaitu sebagai sarana lalulintas, parkir, pejalan kaki dan daerah bebas jalan . Keempat fungsi jalan ini selanjutnya sebagai hal yang mendasar untuk mengupayakan

---

1) Waldijono, "Kajian lalulintas kota (Yogyakarta) melalui pendekatan sistim" (Yogyakarta : HMTS UII, 1992) hal 1.

keadaan yang seimbang antara volume dan kapasitas jalan.

Dengan memperlebar ruas jalan serta memperbaiki struktur perkerasannya, diharapkan tingkat pelayanan yang terjadi dapat ditingkatkan. HCM 1965 menyatakan keadaan hubungan antara tingkat pelayanan, kecepatan dan perbandingan volume dengan kapasitas menggunakan "Design Service Volume" yang dikaitkan dengan berbagai kendaraan operasional yang disebut "Level Of Service" (LOS) kedalam enam sekala tingkat pelayanan, yaitu : A,B,C,D,E,F, seperti terlihat pada gambar 1.1. Dengan asumsi tingkat pelayanan A,B,C dan D masing-masing dibatasi oleh kecepatan perjalanan, yaitu harus sama atau lebih besar dari nilai-nilai yang ditetapkan. Nilai perbandingan V/C tidak lebih dari nilai yang ditetapkan . Tingkat pelayanan E menunjukkan keadaan yang mendekati kapasitas jalan kritis, sedangkan tingkat pelayanan F menunjukan keadaan kritis. Pada keadaan tertentu kecepatan kendaraan hingga mencapai 0 (V = 0). Semakin tinggi nilai kecepatan semakin rendah nilai perbandingan volume dan kecepatan (V/C), yaitu besarnya berkisar antara 0 - 1.

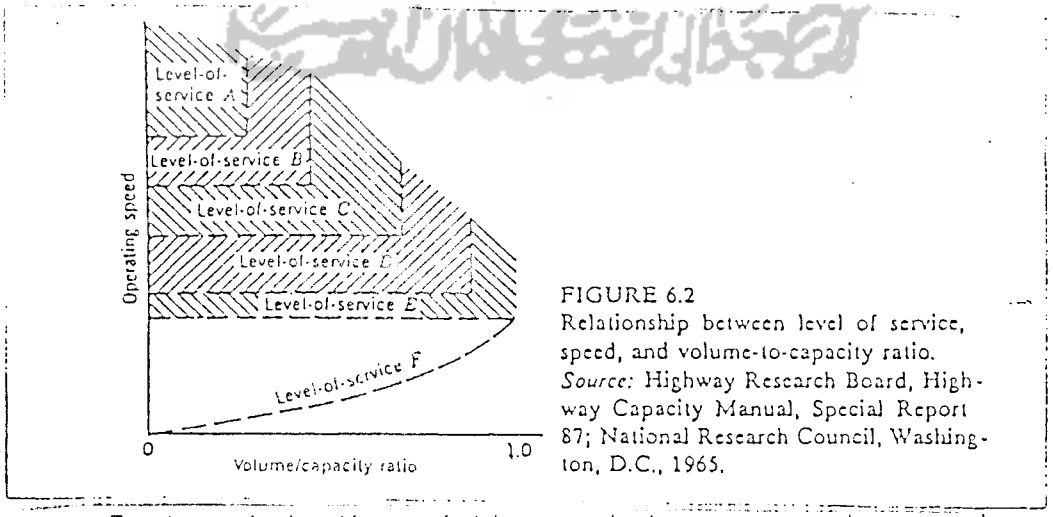


FIGURE 6.2
Relationship between level of service, speed, and volume-to-capacity ratio.
Source: Highway Research Board, Highway Capacity Manual, Special Report 87; National Research Council, Washington, D.C., 1965.

Gambar 1.1. Menunjukkan hubungan antara kecepatan dengan perbandingan V/C
Sumber : HCM, 1965.

Ke enam LOS tersebut diatas seperti terlihat juga pada gambar 1.2, yaitu dari level tertinggi (LOS A) sampai level terendah (LOS F).

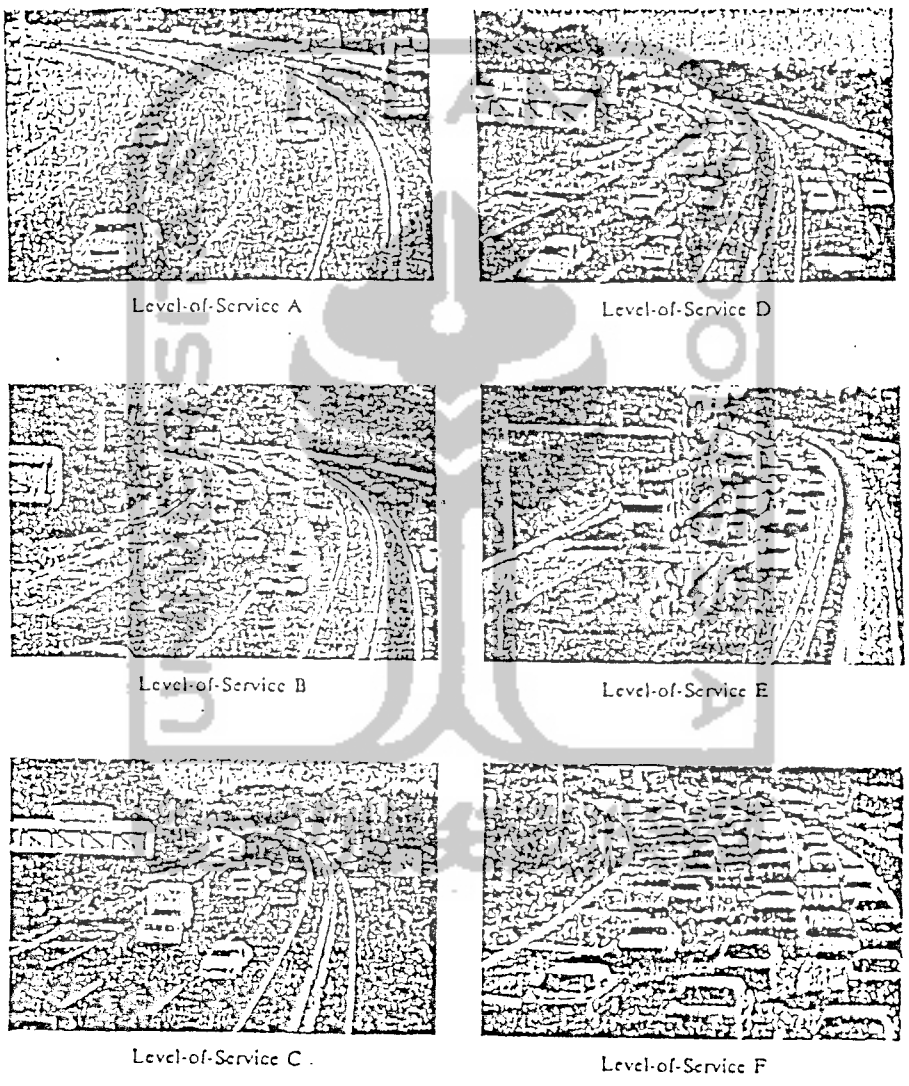


FIGURE 6.3
Illustration of freeway level-of-service (A to F). (Reproduced by permission from Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, National Research Council, Washington, D.C., 1985).

Gambar 1.2. Ilustrasi pada masing-masing tingkat pelayanan (HCM 1965).

Keterangan gambar 1.2 :

LOS A = - arus bebas.
- volume terendah dan kecepatan tertinggi.

LOS B = - arus stabil.
- kecepatan operasi mulai agak terhambat oleh keadaan lalulintas.

LOS C = - arus masih stabil.
- kecepatan dan manuver banyak terkontrol oleh volume yang lebih tinggi.

LOS D = - arus mendekati tak stabil.
- masih ada toleransi pada kecepatan operasi yang dipengaruhi oleh perubahan-perubahan pada kondisi operasi.

LOS E = - tak bisa terdeteksi hanya dengan kecepatan.
- banyak berhenti walaupun hanya sementara.

LOS F = - arus terhambat, kecepatan rendah.
- volume mendekati kapasitas.
- banyak berhenti dalam jangka lama/pendek.

Berkaitan dengan permasalahan lalulintas seperti diatas maka pemerintah membangun jalan arteri lingkar utara Yogyakarta dengan tujuan antara lain :

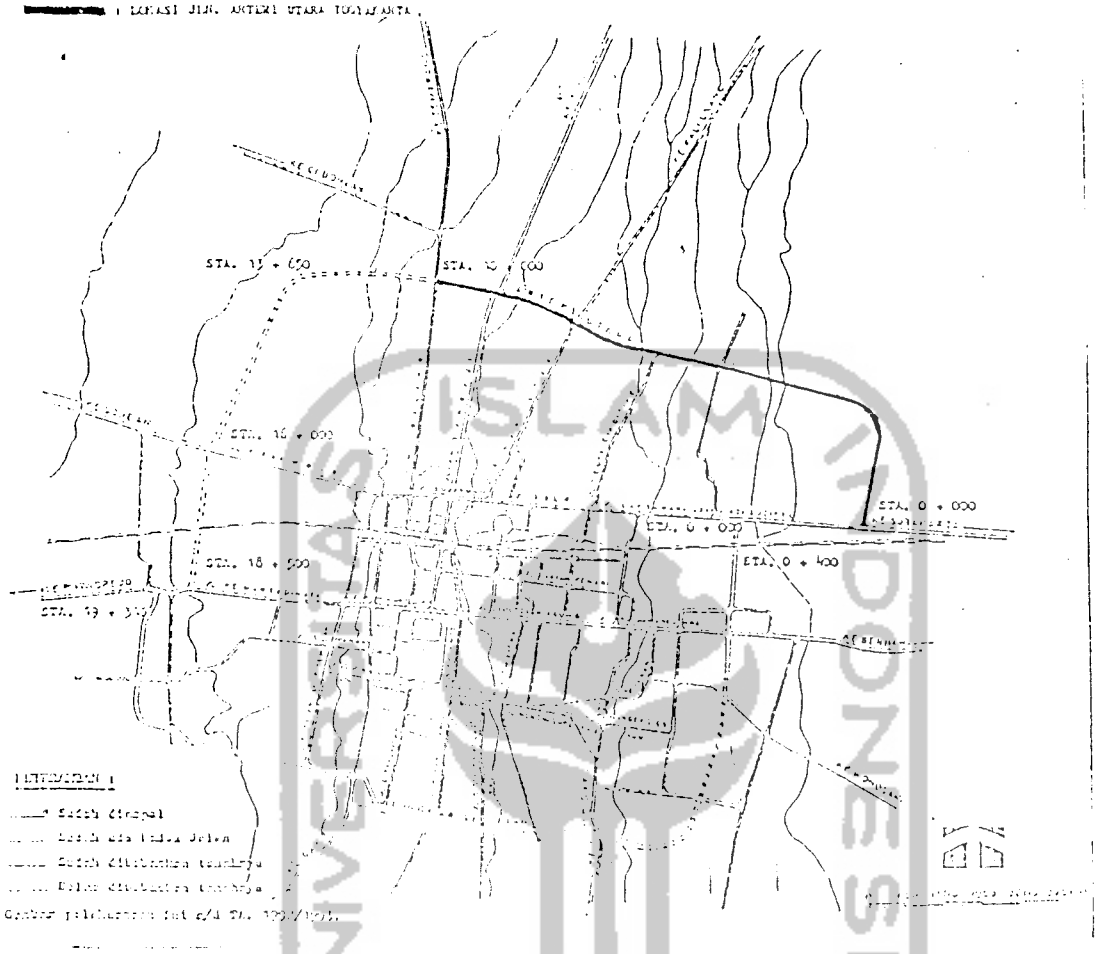
1. Memperlancar prasarana hubungan darat Daerah Istimewa Yogyakarta di bidang Sosial Ekonomi serta membuka daerah Yogyakarta Utara.
2. Untuk menghemat waktu dan jarak tempuh arus lalulintas dari arah barat dan timur menuju arah utara atau

sebaliknya.

3. Mengurangi kepadatan volume lalulintas pada jalan di dalam kota Yogyakarta.
4. Menunjang pengembangan daerah-daerah wisata di Daerah Istimewa Yogyakarta.

B. Lokasi Dan Ruang Lingkup

'Lokasi daerah studi yang ditinjau adalah daerah utara Kodya Yogyakarta yang membujur dari barat ke timur. Dari sisi barat di mulai dari pertigaan jalan yang menghubungkan Yogyakarta - Magelang dan dari sisi timur terletak pada pertigaan jalan yang menghubungkan Yogyakarta - solo. Kedua sisi ini merupakan pintu masuk kota Yogyakarta. Ruas jalan ini termasuk wilayah kabupaten Sleman. Peta lokasi jalan lingkar utara dapat dilihat pada gambar 1.3.



Gambar 1.3. : peta lokasi wilayah studi
Sumber : Sub. Din. Bina Marga Propinsi D.I.Y.

C. Tujuan Analisis

Maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis jalan lingkar utara dan mencoba mencari pemecahannya terhadap permasalahan tersebut, sehingga pada saatnya nanti kondisi jalan ini tetap memenuhi persyaratan jalan raya, baik fisik maupun tingkat pelayanannya sesuai dengan umur yang direncanakan.

Tujuan dari analisis tebal lapis keras jalan/lingkar

utara Yogyakarta untuk melayani lalulintas 20 tahun mendatang di harapkan dapat dimanfaatkan secara maksimal terutama untuk :

1. Mengetahui dan memahami prosedur perhitungan kapasitas jalan raya dua jalur pada jalan datar.
2. Mengetahui sejauh mana tingkat pelayanan berupa perkiraan jumlah maksimum lalulintas yang dapat dilayani oleh jalan arteri lingkar utara.
3. Untuk lebih memahami prosedur perhitungan penentuan tebal perkerasan dengan metode Bina marga 1987 kemudian membandingkannya dengan metode AASHTO 1986.

D. Batasan Masalah

Jalan lingkar (*Ring Road*) utara menurut fungsinya merupakan jalan arteri/utama dan jalan kelas IIA yaitu jalan yang melayani angkutan dengan perjalanan jarak jauh dengan kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien, kelas ini mencakup jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi perkerasan jalan dari aspal beton (*Hot-mix*), lalulintasnya terdapat kendaraan lambat tak bermotor dan untuk lalulintas lambat disediakan jalur tersendiri.

Batasan permasalahan dalam penulisan ini adalah untuk mengetahui dan merencanakan tebal perkerasan pada jalan lingkar utara berdasarkan data sekunder yang ada serta untuk mengetahui permasalahan yang timbul pada jalan lingkar utara terutama untuk masa pelayanan jalan 20 tahun mendatang, dengan mengingat jumlah pertumbuhan

penduduk dan kepemilikan kendaraan yang setiap tahunnya meningkat.

Untuk merencanakan jalan lingkar utara tersebut baik yang hanya perlu penambahan perkerasan (*overlay*) maupun untuk merencanakan jalan baru, penulis menggunakan dua metode , yaitu metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Perencanaan perkerasan suatu jalan pada prinsipnya dapat dikatakan baik apabila konstruksi tersebut memberikan beberapa sifat antara lain : 1) kuat, 2) nyaman dan 3) bernilai ekonomis.

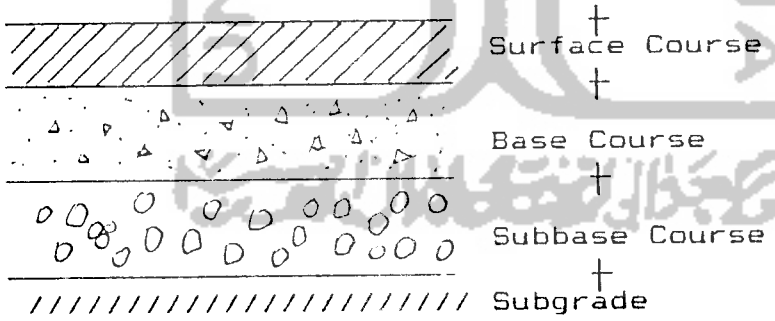
Untuk sifat yang pertama, konstruksi perkerasan harus mampu mendukung beban lalulintas serta ketahanannya terhadap kondisi lingkungannya (Kilreski, 1990 ; 473). Apabila suatu perkerasan jalan tidak memberikan kekuatan yang cukup, maka kemungkinan besar jalan tersebut akan mengalami penurunan dan penggeseran, baik pada bahan susunnya maupun pada tanah dasarnya. Keadaan ini mengakibatkan permukaan jalan lambat laun akan bergelombang atau retak-retak, hingga akhirnya rusak sama sekali. Sifat kedua berhubungan dengan perwujudan bentuk permukaan relatif kokoh dan rata. Sebagai lapisan yang mengalami gesekan langsung dengan roda (lapisan aus). Lapis aus ini sekaligus berfungsi dalam menghindari terjadinya *skid resistence* atau kekesatan pada roda kendaraan. Untuk sifat yang ketiga berhubungan dengan biaya awal dan biaya perawatan. Untuk menghindari pembiayaan awal yang besar biasanya perkerasan dilakukan secara bertahap untuk umur rencana tertentu. Selain itu kecepatan rencana yang baik akan memberi keringanan pada biaya perawatan selanjutnya.

A. Konstruksi Lapis Keras lentur

Konstruksi Lapis Keras lentur (*Flexible Pavement*) terdiri atas beberapa lapisan yang berfungsi meneruskan beban-beban lalulintas serta menyebarkan beban-beban tersebut secara merata ke lapisan yang berada di bawah-nya.

Lapisan-lapisan tersebut pada umumnya meliputi : 1) Surface, 2) Base, 3) subbase, dan 4) Subgrade - (gambar 2.1.) dalam menjalankan fungsinya struktur perk-erasan lentur ini sangat mengandalkan kelekatan aspal pada agregat, ikatan agregat serta daya kohesi dari lapisan permukaan akibat gesekan roda yang terjadi.

Untuk mencapai tingkat efisiensi pembiayaan kon-struksi perkerasan, maka masing-masing lapisan dibatasi oleh mutu bahan dan ketebalannya (Witczak, 1975; 18 dan 196).

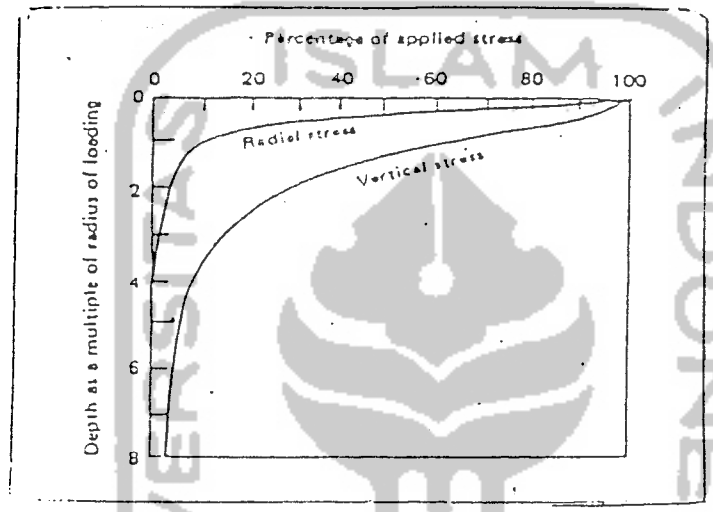


Gambar 2.1. Struktur perkerasan lentur

1. lapis Permukaan (*Surface Course*)

Pada lapis Permukaan (*Surface Course*), bahan yang digunakan relatif lebih tinggi mutunya diban-dingkan dengan lapisan di bawahnya. Secara empirik mutu mate-rial yang lebih tinggi dijelaskan dengan fungsinya

sebagai penerus serta pembagian beban-beban yang terjadi lebih besar. Gambar 2.2. menjelaskan bahwa penyebaran gaya (vertikal dan radial) semakin ke bawah pengaruhnya semakin kecil. Bahkan lapisan tanah dasar dianggap hanya dapat mendukung gaya vertikal saja.[1)]



Gambar 2.2. Penyebaran tekanan radial vertikal
Sumber : David Croney, 1977

Sebagai contoh diambil syarat minimal dari Bina Marga : lapis permukaan 10 cm, base 15 cm, dan subbase 10 cm. Tekanan roda yang bekerja pada perkerasan (p) : 100 Psi, jari-jari jejak roda (a) : 5 inch, akibat tekanan roda seberat 100 Psi dan jari - jari jejak -

---

1) Boussinesg memberikan variasi gaya vertikal dan radial pada kedalaman tertentu akibat beban lalulintas tidak tergantung pada elastsitas bahan-nya. oleh karena itu elastisitas bahan pada lapisan dibawahnya(surface) dirancang lebih rendah, lihat David Croney, hal 335.

roda 5 inch maka nilai poison (v) yang terjadi adalah 0,45. Persamaan tegangan vertikal yang terjadi dari Boussinesg :

$$\sigma_z = P \left\{ 1 - \frac{z^3}{(a^2+z^2)^{3/2}} \right\}$$

keterangan :

P = 100 Psi

a = 5 inch

z = 35 cm (13,78 inch)

Dari data di atas didapat σ_Z = 16,93 Psi.

Sedang tegangan akibat getaran, gaya traksi (rem) dari Boussinesg adalah :

$$\sigma_y = \frac{P}{2} (1+2v) - \frac{2(1+v)z}{(a^2+z^2)^{1/2}} + \frac{z}{(a^2+z^2)^{3/2}}$$

Didapat σ_y = 0,235 Psi.

Dari hasil perhitungan di atas menjelaskan bahwa pada kedalaman 35 cm dari surface, tegangan radial relatif kecil = 0,235 Psi, dibandingkan dengan tegangan vertikal = 16,93 Psi. Selain itu lapis permukaan berfungsi sebagai lapis aus yang langsung menerima gaya gesekan, sehingga ketahanan lapis permukaan terhadap proses keausan lebih tinggi lagi.

Lapis permukaan diharapkan memiliki kelenturan yang cukup tinggi, juga harus bersifat kedap air. Bahan lapis permukaan yang kurang baik akan menyebabkan air mudah masuk ke lapisan yang ada dibawahnya, sehingga kerusakan pada struktur perkerasan akan cepat

terjadi. Oleh karena itu ketepatan dalam merencanakan umur suatu perkerasan, salah satunya ditentukan oleh mutu bahan susun lapis kerasnya.

Dari berbagai hal di atas, menjelaskan bahwa ada dua fungsi pokok lapis permukaan, yaitu : (1) sebagai fungsi struktural (Bina Marga, 1990 dan sukirman, 1992 ; 9-10), adalah bagian yang secara langsung diharapkan mendukung beban lalulintas yang terjadi. Jenis struktural ini lazim digunakan oleh Bina Marga pada proyek-proyeknya, antara lain : lapen, lasbutag dan laston. (2) Sebagai fungsi non struktural, yaitu bagian yang di maksudkan untuk memberikan bentuk permukaan yang halus, rata dan nyaman bagi para pemakai jalan (Witczak, 1975 ; 384). Jenis ini antara lain adalah burtu, burda, latasir, buras dan latasbum.

2. Lapis Pondasi (*Base Course*)

Lapis Pondasi (*Base Course*) pada perkerasan fleksibel difungsikan sebagai lapisan penambah kapasitas daya dukung beban-beban yang terjadi dengan tingkat kekakuannya, kekuatan serta ketahanan bahan yang cukup baik. Untuk fungsi yang diharapkan tersebut, maka kepadatan dan stabilitas agregat penyusun harus dipertimbangkan. Stabilitas campuran agregat tergantung dari pembagian partikel dengan segala ukurannya, baik bentuk partikel, ketahanan gesek antara partikel maupun kohesi.

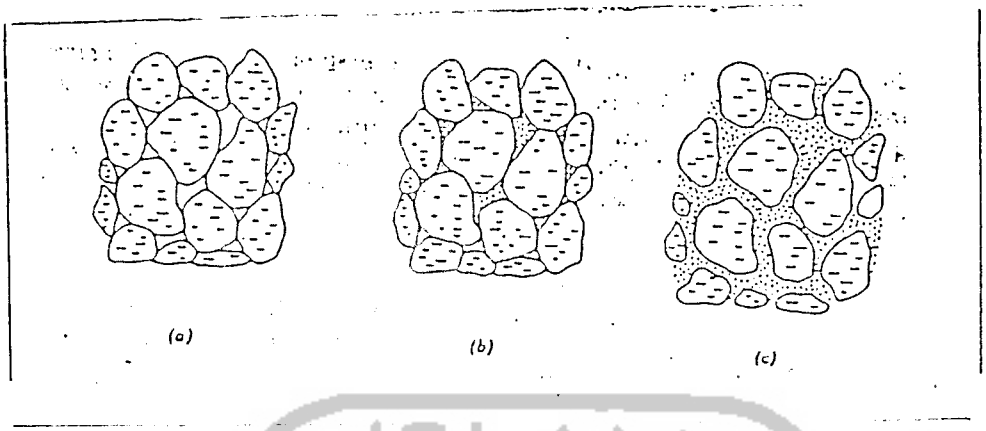
Bahan susun dari lapis pondasi dirancang kestabi-

lannya, dengan memiliki ketahanan gesekan untuk menghindari perubahan bentuk akibat beban-beban yang terjadi. Gaya gesek antara partikel dan ketahanan akibat gaya geser sangat tergantung dari bentuk kepipihan partikel itu sendiri, pembagian butiran dan tingkat kepadatan yang baik.

Agregat yang berisi sedikit butiran penyusun, kepadatannya relatif lebih rendah (gambar 2.3a). Pada gugusan seperti ini bidang sentuh antara agregat menguntungkan dalam memberikan kestabilan pada perkerasan.[2] Akan tetapi pada kondisi lapangan mempunyai curah hujan cukup banyak, gugusan seperti ini menunjukkan bahwa air dengan mudah dapat menembus rongga-rongga antara agregat. Lain halnya dengan gugusan yang kepadatannya lebih tinggi lagi, yaitu rongga-rongga tertutup penuh oleh butiran-butiran penyusunnya (gambar 2.3b). Dengan adanya partikel-partikel tersebut tegangan geser yang ditimbulkan akan lebih besar lagi. Namum demikian partikel-partikel pengisi ini dapat mencegah merembesnya air kelapisan dibawahnya (*subbase/subgrade*). Kemungkinan tersebut akan menjadi lebih besar lagi pada gugusan agregat dengan jumlah partikel pengisi lebih besar (gambar 2.3c).

---

2) partikel-partikel penyusun yang dimaksud dalam bahasan ini adalah butir-butir yang lolos saringan no. 200, lihat E.J. Yoder and M.W. Witczak, hal 357.



Gambar 2.3. Kondisi fisik campuran agregat.
Sumber : E.J. Yoder and M.W. Witczak, 1975.

Di dalam merencanakan suatu perkerasan, harus dipertimbangkan terlebih dahulu terhadap tingkat daya dukung atas beban lalulintas dan pengaruh lingkungan harus memadai.

Gugusan dengan tingkat kepadatan lebih tinggi, akan lebih menjamin adanya bahaya akibat pengaruh lingkungan. Namun demikian gaya geser yang ditimbul-kannya sangatlah tidak menguntungkan dalam mendukung beban-beban yang terjadi. Terlihat bahwa bidang sentuh antar agregat sama sekali tidak terjadi akibat terha-langnya oleh partikel-partikel pengisi. Atas dasar pertimbangan pada fungsi pondasi,, yaitu sebagai :

1. Penahan gaya geser.
2. Sebagai bantalan lapis permukaan.

maka Bina Marga memberikan syarat penggunaan material dengan nilai CBR ≥ 50 % dan PI < 4 %.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*) adalah merupakan bagian dari perkerasan yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi, fungsi pokok lapis pondasi bawah adalah :

1. Sebagai lapisan yang menyebarkan beban roda ke lapisan yang ada di bawahnya. Tegangan yang terjadi pada perkerasan oleh beban lalulintas di teruskan (di distribusikan) langsung ke tanah dasar. nilai CBR bahan susun lapis pondasi bawah yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah ≥ 20 % dan PI ≤ 20 %. Oleh karena itu lapisan ini sesungguhnya berniali ekonomis dalam penggunaan bahan untuk lapisan di atasnya yang relatif lebih mahal (Croney, 1977 ; 193).
2. Sebagai lantai kerja dalam menghampar bahan lapis pondasi. kekuatan tanah dasar akan berpengaruh dalam menentukan ketebalan perkerasan. Pada keadaan tanah dasar yang lunak, di butuhkan ketebalan perkerasan yang relatif lebih tebal di bandingkan dengan ketebalan lapis perkerasan pada keadaan tanah dasar yang keras. Untuk mengetahui nilai kekuatan masing-masing bahan susun perkerasan, umumnya digunakan dengan cara CBR.
3. Sebagai lapisan yang harus mempunyai nilai kepadatan dalam mencegah masuknya air dari tanah dasar ke lapisan pondasi.

4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah Dasar (*Subgrade*) dapat berupa permukaan tanah asli, galian atau timbunan sesuai dengan kondisi-kondisi tertentu di lapangan. Untuk mendapatkan kekuatan dan keawetan pada suatu rencana perkerasan sesuai dengan umur rencana, sifat dan daya dukung tanah dasar sangat besar pengaruhnya.

Fungsi tanah dasar sebagai bahan perkerasan adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang mampu menahan beban lalulintas.
2. Menghindari meresapnya air ke dalam lapis perkerasan yang ada di atasnya.

Dari gambar 2.2. dijelaskan bahwa tegangan-tegangan yang terjadi akan semakin kecil untuk tiap-tiap penambahan kedalaman. Demikian halnya dengan ilustrasi yang di berikan pada gambar 2.4. menunjukkan bahwa beban kendaraan (w) yang disebarkan melalui bodi kontak merata sebesar P_0. Beban tersebut pada kedalaman mencapai tanah dasar akan menjadi P_1, ($P_1 < P_0$).

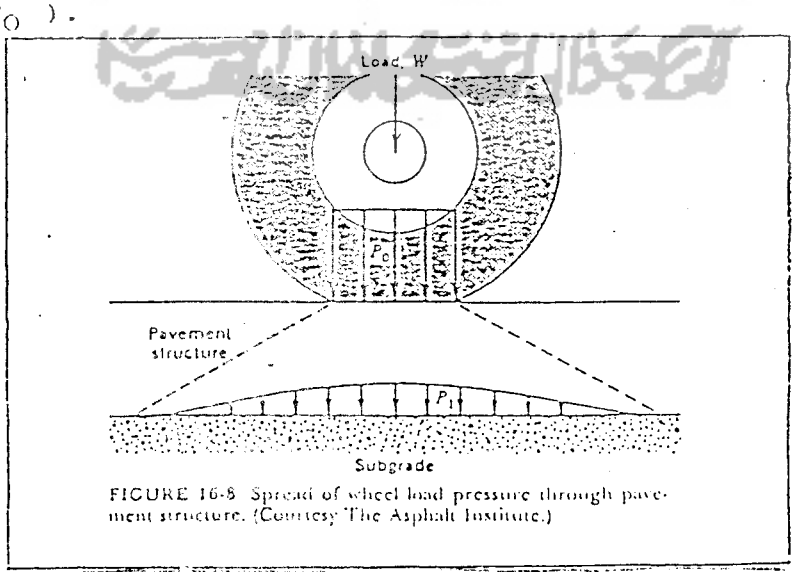


FIGURE 16-8 Spread of wheel load pressure through pavement structure. (Courtesy The Asphalt Institute.)

Gambar 2.4. Distribusi beban roda
Sumber : Fred L. Mannering, 1990.

B. Indek Permukaan

Indek permukaan dari kinerja jalan merupakan perwujudan pisik (*Structural pavement*) perkerasan tentang kondisinya dalam memberikan tingkat pelayanan kepada para pengemudi (Bina Marga, 1990).

Konsep AASHO Road Test mengenai indek permukaan perkerasan (*Serviceability Indek*), diawali dengan pengamatan atas terjadinya retak-retak (*Cracks*), alur (*rutting*) amblas dan kerusakan lainnya akibat beban lalulintas yang berulang pada periode tertentu.

Nilai indek permukaan ini, menyatakan tingkat pelayanan perkerasan tersebut dalam melayani arus lalulintas. Semakin kecil tingkat kerusakan yang terjadi pada perkerasan, semakin tinggi kualitas pelayanan yang diberikan pada para pemakai jalan. Oleh karena itu antara tingkat kerusakan dengan kualitas pelayanan merupakan tinjauan penting dalam perencanaan perkerasan. Artinya semakin tinggi tingkat kerusakan, maka semakin rendah kualitas pelayanannya.

Jalan yang baru digunakan untuk melayani lalulintas, biasanya memberikan tingkat pelayanan yang cukup tinggi, akan tetapi pengaruh beban lalulintas yang tinggi menyebabkan kondisi permukaan perkerasan jalan lambat laun menjadi berkurang tingkat pelayanannya. Selain itu pengaruh lingkungan yang kurang baik akan mempercepat menurunnya tingkat pelayanan yang diberikan. Dapat dilihat pada gambar 2.5.

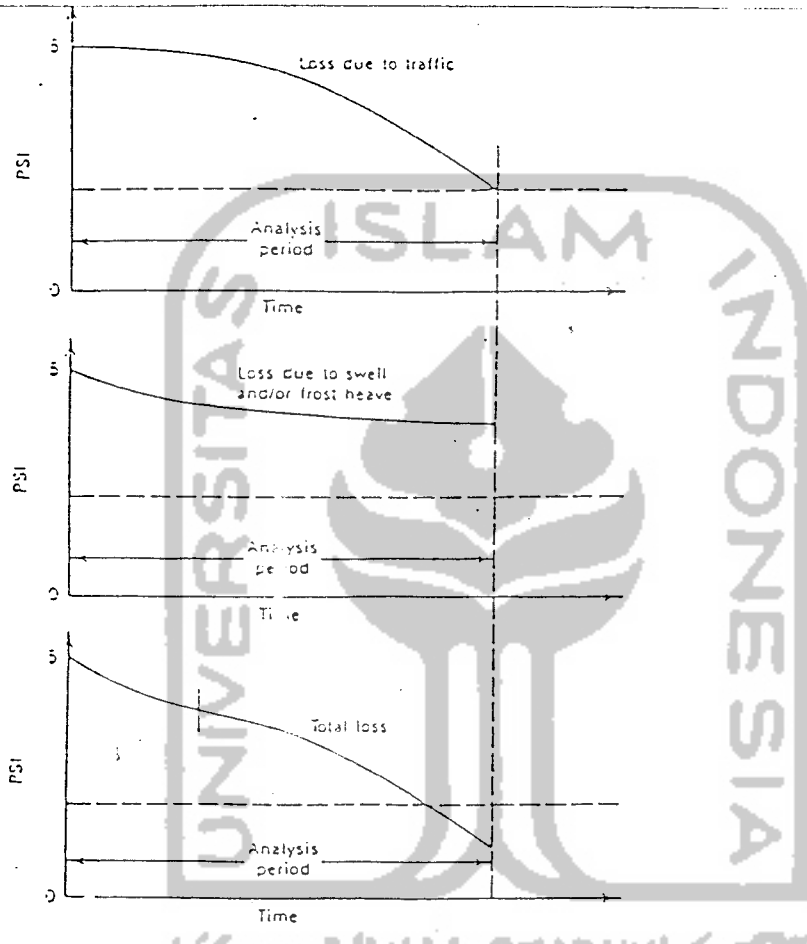


FIGURE 4.6
Pavement performance trends. Redrawn from "AASHTO Guide for Design of Pavement Structure," Washington, D.C., The American Association of State Highway and Transportation Officials, copyright 1986. Used by permission.

Gambar 2.5. Penurunan Indek Permukaan akibat beban lalulintas dan pengaruh lingkungan.

Sumber : HCM, 1985

Bina Marga memberi skala indek permukaan (IP), dalam menyatakan kerataan dan kekuatan permukaan perkerasan jalan berkisar antara 1 - 2,5 , sesuai dengan klasifikasi

jalan yang ada (dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2).

Tabel 2.1. Nilai indek permukaan (IP) pada aval umur rencana untuk masing-masing jenis lapis permukaan.

Jenis Lapis Perkerasan	IP_O	Roghness*) (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9-3,5	> 1000
Lasbutag	3,9-3,5	≤ 2000
	3,4-3,0	> 2000
HRA	3,9-3,5	≤ 2000
	3,4-3,0	> 2000
Burda	3,9-3,5	< 2000
Burtu	3,4-3,0	< 2000
Lapen	3,4-3,0	≤ 3000
	2,9-2,5	> 3000
Latasbum	2,9-2,5	
Buras	2,9-2,5	
Latasir	2,9-2,3	
Jalan tanah	≤ 2,4	
Jalan kerikil	≤ 2,4	

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1990

*) Roughness ialah nilai yang didapat dari pengukuran dengan alat NAASRA, yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 station Wagon, dengan kecepatan kendaraan ± 32 km per jam.

Gerakan sumbu belakang dalam arah vertikal dipindahkan pada alat roughmeter melalui kabel yang dipasang ditengah-tengah sumbu belakang kendaraan, yang selanjutnya dipindahkan kepada counter melalui "flexible drive".

Setiap putaran counter adalah sama dengan 15,2 mm gerakan vertikal antara sumbu belakang dan body kendaraan. Alat roughness type lain dapat digunakan dengan

mengkalibrasikan hasil yang diperoleh terhadap rough-meter NAASRA.

Selanjutnya nilai indek permukaan yang dianjurkan oleh Bina Marga sebagai pedoman perencanaan adalah nilai indek permukaan akhir, yaitu (IP_t) : 1; 1,5; 2 dan 2,5. Nilai-nilai ini diasumsikan sebagai nilai dengan tingkat pelayanan yang buruk setiap masing-masing fungsi jalan.

Tabel 2.2. Nilai Indek Permukaan pada akhir umur rencana (IPt)

LER (Lintas Ekuivalen Rencana)*)	Kalsifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10 - 100	1,5	1,5-2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
> 1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

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

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

C. UMUR RENCANA (UR)

Pada umumnya suatu perkerasan, perencanaannya didasarkan pada periode pelayanan selama 20 tahun (Witczak, 1973). Untuk memudahkan perhitungan perkerasan pada periode tersebut, maka volume lalulintas yang terjadi dikelompokkan menurut kendaraan standar perencanaan.

Dengan pemahaman bahwa, jenis kendaraan yang beragam ukuran, berat dan konfigurasi as gandar perlu dikonvermasikan terlebih dahulu ke dalam angka ekivalen beban sumbu. Dalam pertimbangan kelayakan perhitungan, perencanaan perkerasan dapat dikerjakan melalui pentahapan pada periode tertentu. Biasanya periode pertama untuk 10 tahun umur rencana, selebihnya, 10 tahun sisa umur dikerjakan pada tahap berikutnya (Bina Marga, 1990).

D. KONDISI LINGKUNGAN

Kondisi lingkungan untuk tiap negara pada kenyataannya tidaklah sama. Di negara yang mengenal empat musim, pengaruh terbesar kerap kali terjadi adalah akibat kelembaban atau embun salju ini akan berpengaruh pada masing-masing lapisan, yang akan menurunkan daya dukung tanah atau kemampuan pelbagai material penyusun serta daya dukung tanah dasar (*Subgrade*).

Sama halnya dengan kondisi di negara-negara tropis, perubahan temperatur berlangsung terus menerus dari waktu ke waktu. Hanya saja negara yang mengenal dua musim, terjadinya temperatur tinggi yang di alami relatif lebih lama. Pada temperatur yang tinggi, aspal akan menjadi lembek, sedangkan sifatnya akan menjadi lebih keras dan kaku apabila kondisi kondisi temperaturnya menjadi rendah. Tentunya gejala ini (lembek dan keras) akan menyebabkan stabilitas yang diberikan oleh perkerasan.

Kelembaban juga berpengaruh dalam kemampuannya memberikan tingkat kenyamanan pada para pemakai jalan. Pada kondisi kelembaban yang cukup tinggi, menyebabkan bahan susun perkerasan mengalami pelapukan dan melemahkan daya ikat antar agregat. Selanjutnya hal inipun akan mengurangi stabilitas perkerasan yang ada. Oleh karenanya dalam perancangan perkerasan jalan, kedua kondisi (kelembaban akan pengaruh temperatur) ini perlu ditinjau berdasarkan kondisi lingkungan setempat.

Kondisi lingkungan dimana lokasi jalan tersebut berada akan mempengaruhi lapisan perkerasan jalan dan tanah dasar, yaitu antara lain :

1. Berpengaruh terhadap sifat teknis konstruksi perkerasan dan sifat komponen material lapisan perkerasan.
2. Pelapukan bahan material.
3. Mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan dari perkerasan jalan.

Faktor utama yang mempengaruhi konstruksi perkerasan ialah air yang berasal dari hujan (khususnya di Indonesia) dan pengaruh perubahan temperatur akibat cuaca.

BAB III
LANDASAN TEORI

A. Pendahuluan

Beberapa hal yang mempengaruhi perkerasan jalan sehubungan dengan fungsinya sebagai media bagi para pemakai jalan adalah : (1) beban lalulintas, (2) kondisi lingkungan dan (3) karakteristik material (Paquetee, 1987; 473).

Terjadinya retak-retak (*cracks*), alur memanjang (*rutting*), amblas dan kerusakan lainnya disebabkan oleh beban lalulintas yang terjadi secara berulang-ulang pada perkerasan.

Pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, kerusakan yang terjadi pada perkerasan akan menjadi lebih parah lagi (Witczak, 1975; 101).

Ketiga faktor diatas merupakan tinjauan dasar dalam merencanakan perkerasan yang diperkenalkan oleh AASHTO lewat berbagai penelitiannya (Witczak, 1975; 506).

Untuk tujuan perencanaan perkerasan, Bina Marga banyak merujuk pada hasil-hasil penelitian dari AASHTO tersebut. Walaupun demikian, berbagai penyesuaian atas beberapa anggapan yang berbeda telah dimodifikasikan sesuai dengan kondisi iklim dan jenis bahan lapis keras yang digunakan.

B.Metode Bina Marga 1987

Berdasarkan pedoman perencanaan tebal perkerasan

lentur jalan raya dengan metode analisa komponen no. 01/PD/B/1987, Direktorat Jendral Bina Marga dalam menentukan dan merencanakan suatu perkerasan jalan raya baik pada jalan baru maupun jalan lama, dalam perencanaannya selalu memperhatikan delapan parameter utama yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Prosentase kendaraan pada jalur rencana.
2. Angka ekivalen.
3. Lintas ekivalen.
4. Daya dukung tanah.
5. Faktor regional.
6. Indek permukaan.
7. Indek tebal perkerasan.
8. koefisien kekuatan relatif.

1. Prosentase Kendaraan Pada Jalur Rencana

Jalan raya, pada umunya digolongkan menjadi tiga bagian berdasarkan fungsinya, yaitu :

a. Jalan Arteri (utama), adalah merupakan jalan kelas I yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, lalulintas berat, berjalur banyak dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien, serta konstruksi perkersan terbaik.

b. Jalan Kolektor (sekunder), adalah merupakan jalan kelas II yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, lalulintasnya terdapat lalulintas lambat dan jumlah jalan masuk dibatasi. Kelas

jalan ini terdiri atas jalan kelas : IIA, IIB, dan IIC.

c. Jalan lokal (penghubung), adalah merupakan jalan kelas III yaitu jalan yang melayani lalulintas ringan, jalur tunggal atau jalur dua dan konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

Ketiga golongan jalan tersebut terbagi atas beberapa kelas yang dicirikan berdasarkan kecepatan, berat kendaraan, jumlah jalur dan penggunaan jenis permukaan perkerasan jalan (terlihat pada tabel 3.1)

Tabel 3.1. Standar Perencanaan Geometrik

Klasifikasi Jalan	Jalan raya Utama			Jalan Raya sekunder									Jalan Penghubung		
	I			IIA			IIB			IIC			III		
Klasifikasi Medan	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G
LHR dalam smp	>2000			6000-2000			1500-8000			<2000			-		
Kecepatan Rencana (km/jam)	120	100	80	100	80	60	80	60	40	60	40	30	60	40	30
Lebar Daerah penguasaan min. (m)	60	60	60	40	40	40	30	30	30	30	30	30	20	20	20
Lebar perkerasan (m)	Min.2(2x3,75)			2x3,5 atau 2x(2x3,50)			2x3,50			2x3,50			3,50-6,0		
Lebar median min (m)	10			1,5[1]			-			-			-		
Lebar Bahu (m)	3,5	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	3,0	2,5	2,5	2,5	1,5	1,0	1,5 - 2,5[2]		
Lereng melintang perkerasan	2%			2%			2%			3%			4%		
Lereng melintang bahu	4%			4%			6%			6%			6% bahu		
Jenis lapisan perukaan jalan	Aspal beton (hot mix)			Aspal beton			Penetrasi berganda/ setaraf			Paling tinggi penetrasi tunggal			Paling tinggi pelaburan dengan aspal		
Miring tikungan max	10%			10%			10%			10%			10%		
Jari-jari lengkung min. (m)	560	350	210	350	210	115	210	115	50	115	50	30	115	50	30
Landai max.	3%	5%	6%	4%	6%	7%	5%	7%	8%	6%	8%	10%	6%	8%	12%

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya

1) Untuk 4 jalur
2) Menurut kendaraan selempat

Untuk batasan lebar perkerasan pada masing-masing jalur, menurut pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya No. 01/PD/B/1987 adalah seperti terlihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L) (meter)	Jumlah Jalur
L < 5,50	1 jalur
5,50 ≤ L < 8,25	2 jalur
8,25 ≤ L < 11,25	3 jalur
11,25 ≤ L < 15,00	4 jalur
15,00 ≤ L < 18,75	5 jalur
18,75 ≤ L < 22,00	6 jalur

Sumber : Bina marga, 1987.

Dalam hubungannya dengan jumlah kendaraan yang melewati lajur rencana, masing-masing beratnya di perhitungkan dengan memberikan nilai koefisien tertentu berdasarkan jumlah lajur dan arah. Nilai koefisien ini disebut nilai koefisien distribusi kendaraan (c) , terlihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Koefisien Distribusi Kendaraan (c)

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

Sumber : Bina Marga, 1987.

Berdasarkan kenyataan, bahwa lalulintas pada jalan raya terdiri dari kendaraan campuran dengan berbagai ragam jenis, kecepatan dan beratnya. Oleh karenanya perlu untuk mengadakan pengelompokan. Pengelompokan tersebut membantu dalam perhitungan volume lalulintas yang terjadi, yaitu dengan membandingkannya terhadap nilai satuan mobil penumpang (smp). Terlihat pada tabel 3.4.

---

3). Berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.

4). berat total ≥ 5 ton, misalnya : bus, truk, semi trailer, trailer.

Tabel 3.4. Pengelompokan Kendaraan

Kelompok	Jenis Kendaraan	Nilai smp
I	Sepeda	0,5
II	Mobil penumpang/sepeda motor	1
III	Truk ringan (berat kotor < 5 ton)[3]	2
IV	Truk sedang > 5 ton[4]	2,5
V	Bus	3
VI	Truk berat	3
VII	Kendaraan tidak bermotor	7

Sumber : Bina Marga, 1993

2. Angka Ekivalen (E)

Berat kendaraan didistribusikan ke perkearasan jalan melalui roda yang terletak pada jarak tertentu dari titik berat kendaraan tersebut.

Beragamnya konfigurasi sumbu pada setiap jenis kendaraan, menjadikan angka ekivalennya tidak sama, yaitu tergantung dari letak titik berat kendaraan tersebut dalam memberikan prosentase beban pada roda depan (as tunggal) dan roda belakang (as tunggal atau ganda).

Seperti halnya anggapan penyeragaman pengaruh setiap jenis kendaraan terhadap keseluruhan arus lalulintas ditetapkan dengan satuan mobil penumpang (smp), ragam beban masing-masing kendaraanpun perlu disesuaikan dengan nilai ekivalen beban standar, yaitu sebesar 18 kip. Seperti terlihat pada tabel 3.5. dibawah ini.

Tabel 3.5. angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

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

Sumber : Bina Marga, 1987.

Persamaan dasar yang dipakai Bina Marga dalam menetapkan angka ekivalen masing-masing sumbu adalah sebagai berikut :

$$\text{Angka ekivalen sumbu tunggal} = 1 \left[\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right]^4 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.1)$$

$$\text{Angka ekivalen sumbu ganda} = 0{,}086 \left[\frac{\text{Beban satu sumbu ganda (kg)}}{8160} \right]^4 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.2)$$

3. Lintas Ekivalen

Pengaruh beban lalulintas yang menyebabkan terjadinya kerusakan ditentukan oleh besarnya arus lalulintas, yaitu jumlah kendaraan dalam 1 hari/ 2arah/ total

lajur yang dibedakan menurut jenis kendaraan.

Dalam perhitungan perancangan perkerasan jalan, analisis lalulintas untuk setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk jalur dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median. Analisa lalulintas yang demikian disebut lalulintas harian rata-rata (LHR)

Dengan mengekivalenkan berat setiap kendaraan terhadap beban standar 18 kip, maka jumlah kendaraan yang melintasi lajur rencana tersebut ditetapkan dalam perhitungan sebagai jumlah lintas ekivalen harian rata-rata untuk masing-masing umur rencana :

$$LEP = \sum_{j=1}^{n} LHR_j \times C_j \times E_j \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.3)$$

$$LEA = \sum_{j=1}^{n} LHR_j \left(1 + i \right)^{UR} \times C_j \times E_j \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3.4)$$

$$LET = 1/2 \left(LEP + LEA \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.5)$$

Sedangkan besaran yang dipakai dalam nomogram penentuan tebal perkerasan, perlu menyesuaikan dengan kebutuhan umur rencana selama 20 tahun.

$$LER = LET \times FP \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.6)$$

$$FP = UR/10$$

Keterangan :

j = jenis kendaraan

i = perkembangan lalulintas

FP = faktor penyesuaian

UR = umur rencana

C = koefisien distribusi kendaraan

E = angka ekivalen

LEP = lintas ekivalen permulaan

LEA = lintas ekivalen akhir

LET = lintas ekivalen tengah

LER = lintas ekivalen rencana

4. Daya Dukung Tanah (DDT)

Untuk menentukan atau menilai kekuatan tanah dasar jalan (subgrade) lazimnya dipakai cara California Bearing Ratio (CBR). Cara ini pertama kali dikembangkan oleh California State Higway Departement.

Berdasarkan pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya No. 01/PD/B/1987, pemeriksaan CBR dapat dilakukan sebagai berikut :

a. Ditentukan harga CBR terendah.

b. Ditentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.

c. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 %, sedangkan jumlah yang lainnya merupakan persentase dari 100 %.

d. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.

e. Nilai CBR rata-rata adalah yang didapat dari angka persentase 90 %.

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan nomogram yang dikorelasikan terhadap nilai rata-rata CBR. Seperti terlihat pada gambar 3.1. dibawah ini.



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

5. Faktor Regional (FR)

Faktor regional (FR) adalah faktor yang menun-

jukan keadaan lingkungan suatu tempat. Di Indonesia perbedaan kondisi lingkungan yang dipertimbangkan meliputi :

1. Kondisi lapangan, yaitu tingkat permeabilitas tanah dasar, perlengkapan drainasi, kelandaian serta persentase kendaraan yang berhenti seberat 13 ton.
2. Kondisi iklim, yaitu intensitas curah hujan rata-rata pertahun. Seperti terlihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Faktor Regional (FR)

Curah hujan	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% kend.berat		% kend.berat		% kend.berat	
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
Iklim I <900mm/th	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklim II >900mm/th	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

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

Sumber : Bina Marga, 1987.

6. Indek Permukaan (IP)

Indek Permukaan (IP) adalah besaran yang dipakai untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan sehubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalulintas yang lewat (Bina Marga).

Untuk tujuan perencanaan perkerasan jalan, nomo-

gram yang diberikan oleh Bina Marga berlaku untuk periode rencana 10 tahun pada indek permukaan akhir (IPt) = 1 ; 1,5 ; 2 dan 2,5, seperti terlihat pada gambar lampiran 1 - 9. Adapun beberapa nilai IP berdasarkan kondisi jalan adalah sebagai berikut :

IP = 1,0 : Permukaan jalan dalam keadaan rusak berat.

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

IP = 2,0 : Permukaan jalan masih cukup baik.

IP = 2,5 : Permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indek permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah ekivalen rencana (LER), terlihat pada tabel 2.2. Dan Dalam menentukan indek permukaan (IP) pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, seperti terlihat pada tabel 2.1.

7. Indek Tebal Perkersan (ITP)

Indek Tebal Perkersan (ITP) merupakan fungsi dari daya dukung tanah, faktor regional, lintas ekivalen, umur rencana dan indek permukaan. Besarnya nilai ITP dapat dicari dengan menggunakan nomogram dari ITP yang dikorelasikan dengan nilai daya dukung tanah, lintas ekivalen rencana dan faktor regional serta dipengaruhi oleh indek permukaan. Nilai ITP dicari dengan menggu-

nakan rumus sebagai berikut :

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.7)$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 : koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan.

D_1, D_2, D_3 : tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).

Angka 1,2,3, masing-masing berarti lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Persyaratan tebal minimum dari masing-masing lapisan dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Batas-batas Minimum Tebal Lapis Keras

1. Lapis Permukaan

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

Sumber : Bina Marga , 1987.

2. Lapis Pondasi

ITP	Tebal minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00-7,49	20[5)]	Batu pecah, Stab.tanah dengan semen,Stab.tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50-9,99	20	Batu pecah, Stab.tanah dengan semen,Stab.tanah dengan kapur Pondasi macadam
	15	Laston atas
10,00-12,24	20	Batu pecah, Stab.tanah dengan semen,Stab.tanah dengan kapur, Pondasi macadam,Laston atas,lapen
≥ 12,25	25	Batu pecah, Stab.tanah dengan semen,Stab.tanah dengan kapur, Pondasi macadam,Lapen,Laston atas

Sumber : Bina Marga, 1987.

3. Lapis Pondasi Bawah

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

8. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi dan pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai dengan nilai hasil uji Marshal (Kg) (untuk bahan dengan aspal), Kuat tekan (Kg/cm^2) (untuk bahan yang distabilisasikan dengan semen atau kapur), atau CBR (%) (untuk bahan lapis pondasi atau pondasi bawah). Nilai koefisien Relatif untuk masing-masing bahan dapat dilihat pada tabel pada tabel 3.8 dan 3.9.

---

5). Batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

Tabel 3.8. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt kg/cm2	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	
0,35	-	-	590	-	-	Laston
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	Asbuton
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Hot Rolled - Asphalt
0,26	-	-	340	-	-	AsphalMacadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (meka - nis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen(manual)
-	0,28	-	590	-	-	
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	

Sumber: Bina Marga, 1987.

Tabel 3.9. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt kg/cm2	CBR (%)	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (meka - nis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen(manual)
-	0,15	-	-	22		
-	0,13	-	-	18	-	Stab.tanah - dengan semen
-	0,15	-	-	22		
-	0,13	-	-	18	-	Stab.tanah - dengan kapur
-	0,14	-	-	-	100	Pondasi maca- dam (basah)
-	0,12	-	-	-	60	Pondasi maca- dam (kering)
-	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.

C. Metode AASHTO tahun 1986

Metode perencanaan tebal perkerasan lentur menurut AASHTO berkembang semenjak dimulainya pengujian/penelitian lapangan secara berkala yang dilaksanakan di Ottawa, negara bagian Illinois, USA pada bulan Oktober 1958 sampai November 1960 dari American Association of State Highway Traffic Officials (AASHTO), perkembangan metoda yang berkelanjutan sesuai dengan hasil pengamatan, penelitian dan pengalaman maka dikeluarkanlah AASHTO Guide for Design of Pavement Struktur, 1986 sebagai penyempurnaan dari AASHTO 1972 , AASHTO 1981 dan AASHTO 1983 antara lain memberikan persyaratan dasar yang perlu diperhatikan dalam perencanaan perkerasan (Croney, 1977; 475) yaitu : 1) jalan harus memiliki permukaan yang tetap rata dan kuat, 2) dapat menjamin keamanan dan kenyamanan bagi para pemakai jalan dan 3) bernilai ekonomis pada pembiayaan untuk periode rencana serta biaya perawatan selama periode tertentu.

Pada perhitungan perencanaan tebal lapis keras dengan menggunakan AASHTO 1986, ada hal-hal penting yang harus diperhatikan sebagi parameter perencanaan yaitu antara lain :

1. Batasan waktu
2. Beban lalulintas dan tingkat pertumbuhan lalulintas
3. Reliabilitas dan simpangan baku keseluruhan
4. Kondisi lingkungan
5. kriteria kinerja jalan
6. Nilai modulus resilien tanah dasar (Mr)

7. Faktor drainase (m)
8. Indek tebal perkerasan (ITP=PSI) dalam AASHTO dinyatakan dengan SN (Structur Number) tahap pertama
9. Jenis perkerasan yang digunakan dan tebal masing -masing yang digunakan

Pada metode AASHTO 1986 ini daya dukung tanah dasar (DDT) dinyatakan dalam modulus resilien (Mr) yang dapat diperoleh dengan pemeriksaan AASHTO T 274 atau dengan korelasi dengan CBR (pemeriksaan laboratorium), sedangkan faktor regional (FR) yaitu berdasarkan perbedaan kondisi lingkungan yang dalam hal ini dinyatakan dengan koefisien drainase, kehilangan tingkat pelayanan, dan simpangan baku 'keseluruhan. ASSHTO 1986 memberikan persamaan sebagai berikut sebagai rumus dasar, yaitu :

$$\log W18 = Zr \times (So) + 9{,}36 \log_{10} (SN + 1) - 0{,}20 + \frac{\log \{\Delta PSI / (4{,}2 - 1{,}5)\}}{0{,}40 + 1094 / (SN + 1)^{5{,}19}} + 2{,}23 \log_{10}(Mr) - 8{,}07 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.8)$$

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2M_2 + a_3D_3M_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.9)$$

$$?PSI = IPo - IPt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.10)$$

Keterangan :

W18 = lintas ekivalen selama umur rencana

Zr = simpangan baku

So = gabungan kesalahan baku dari perkiraan

lalulintas dan kinerja perkerasan, AASHTO memberikan nilai So = 0,30 - 0,40 untuk rigid pavement dan 0,4-0,50 untuk flexible pavement.

SN = Structur number (Indek tebal perkerasan) yang menyatakan hubungan antara nilai kekuatan relatif bahan perkerasan dengan tebal masing-masing perkerasan.

PSI = Selisih indek permukaan (IP) awal dan akhir

Mr = Modulus relisien tanah dasar (psi)

D = tebal masing-masing lapis perkerasan

a = koefisien kekuatan relatif

M = koefisien drainase tiap lapis

AASHTO 1986 memberikan nilai indek permukaan (PSI) berkisar antara 0 - 5, yang ditentukan oleh jenis lapisan permukaan sereta kelas jalan. Pada jalan yang baru dibuka niali indek permukaan sebesar IPo = 4,2 (Witczak, 1975 : 507). Selama periode tertentu, nilai indek permukaan mengalami penurunan dari IPo = 4,2 hingga mencapai indek permukaan terminal IPt = 1,5; 2,0; atau 2,5.

Indek tebal perkerasan merupakan besaran yang menyatakan indek tebal masing-masing lapis perkerasan juga ditentukan oleh kekuatan bahan penyusunnya, yaitu bahan perkerasan sebagai lapis permukaan (a_1), pondasi (a_2) dan pondasi bawah (a_3). Untuk bahan perkerasan dari aspal,

nilainya ditetapkan oleh Marshall stability, sedangkan bahan perkerasan dengan semen atau kapur ditetapkan dengan Triaxial test (kuat tekan) atau CBR untuk bahan lapis pondasi bawah. Besarnya nilai koefisien kekuatan relatif oleh AASHTO untuk masing-masing bahan dapat dilihat pada lampiran 11 sampai 15.

1. Batasan Waktu

Batasan Waktu meliputi pemilihan lamanya umur rencana dan umur kinerja jalan (*perfomance 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.

2. Beban Lalulintas dan Tingkat Pertumbuhan lalulintas

Beban gandar yang dipakai adalah sebesar 18 kip untuk menyatakan korelasi beban gandar kendaraan dengan beban gandar standar 18 kip digunakan faktor ekivalen. Faktor ekivalen ini atau traffic equivalent factor (TEF) dapat ditentukan dengan menggunakan tabel 3.10 dan tabel 3.11. terhadap tahun perencanaan umur perkerasan jalan dan Structural Number (SN), dimana angka ini diperoleh dari persamaan (3.8).

Tabel 3.10. Faktor ekivalen gandar tunggal Pt = 2,0

Axle Load		Structural Number (SN)					
Kips	KN	1	2	3	4	5	6
2	8,9	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	17,8	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
6	26,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8	35,6	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
10	44,5	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08
12	53,4	0,16	0,18	0,19	0,18	0,17	0,17
14	62,3	0,32	0,34	0,35	0,35	0,34	0,33
16	71,2	0,59	0,60	0,61	0,61	0,60	0,60
18	80,1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	89,1	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,60
22	97,9	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,31
24	106,8	3,71	3,62	3,43	3,33	3,40	3,51
26	115,7	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	124,6	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	133,4	10,38	10,03	9,24	8,65	8,73	9,17
32	142,3	14,00	13,51	12,37	11,46	11,48	12,07
34	151,2	18,55	17,87	16,30	14,97	14,87	15,63
36	160,2	24,20	23,30	21,16	19,28	19,02	19,93
38	169,0	31,14	29,95	27,12	24,55	24,03	25,10
40	177,6	39,57	38,02	34,34	30,92	30,04	31,25

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Tabel 3.11. Faktor ekivalen gandar ganda Pt = 2,0

Axle Load		Structural Number (SN)					
Kips	KN	1	2	3	4	5	6
10	44,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
12	53,4	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
14	62,3	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
16	71,2	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
18	80,1	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
20	89,1	0,10	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10
22	97,9	0,16	0,17	0,18	0,17	0,16	0,16
24	106,8	0,23	0,24	0,26	0,25	0,24	0,23
26	115,7	0,32	0,34	0,36	0,35	0,34	0,33
28	124,6	0,45	0,46	0,49	0,48	0,47	0,46
30	133,4	0,61	0,62	0,65	0,64	0,63	0,62
32	142,3	0,81	0,82	0,48	0,84	0,83	0,82
34	151,2	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	160,2	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	169,0	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	177,9	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	186,8	2,77	2,73	2,64	2,62	2,66	2,70
44	195,7	3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	204,6	4,20	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	213,5	5,10	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986.

Dengan mengetahui Beban Lalulintas dan Tingkat Pertumbuhan lalulintas, maka dapat ditentukan lintas ekivalen kumulatif selama umur rencana dan selama umur kinerja jalan tersebut. AASHTO 1986 memberikan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$W_{18t} = D_D \times D_L \times W_{18} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.11)$$

$$W_{18t} = W_{18'} \left| \frac{(1+g)^{t}-1}{g} \right| \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.12)$$

Dengan :

W_{18t} = Angka ekivalen kumulatif 18-k ESAL.

W_{18} = Jumlah kendaraan ekivalen 18-k ESAL yaitu hasil dari perkalian perencanaan lalulintas harian rata-rata pada awal tahun perencanaan dengan faktor ekivalen ESAL.

D_D = Faktor distribusi arah

D_L = Faktor distribusi lajur yaitu terlihat pada tabel 3.12.

g = Angka pertumbuhan lalulintas

t = Tahun perencanaan

$W_{18'}$ = Kumulatif pengulangan 18-k ESAL pada awal tahun perencanaan.

Untuk menentukan pengulangan beban dalam perencanaan fungsi waktu, dibuat gambar perkiraan kumulatif pengulangn 18-k ESAL dalam periode analisis (gambar 3.2) yang diperoleh dari persamaan (3.12).

Tabel 3.12. Faktor distribusi jalur (D_L)

Number of lane in both directions	Percen 18-K ESAL ESAL traffic in design lane
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 or more	50 - 75

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986 halaman D-2

Besarnya 18-K ESAL digambarkan dalam bentuk grafik yang merupakan hubungan antara 18-Kip ESAL dan waktu. Hal ini sangat memberi kemudahan dalam perhitungan pengurangan masa pelayanan (perfomance periode) akibat kondisi lingkungan yang dilakukan dengan cara "trial and error". seperti pada contoh grafik gambar 3.2. dibawah ini :

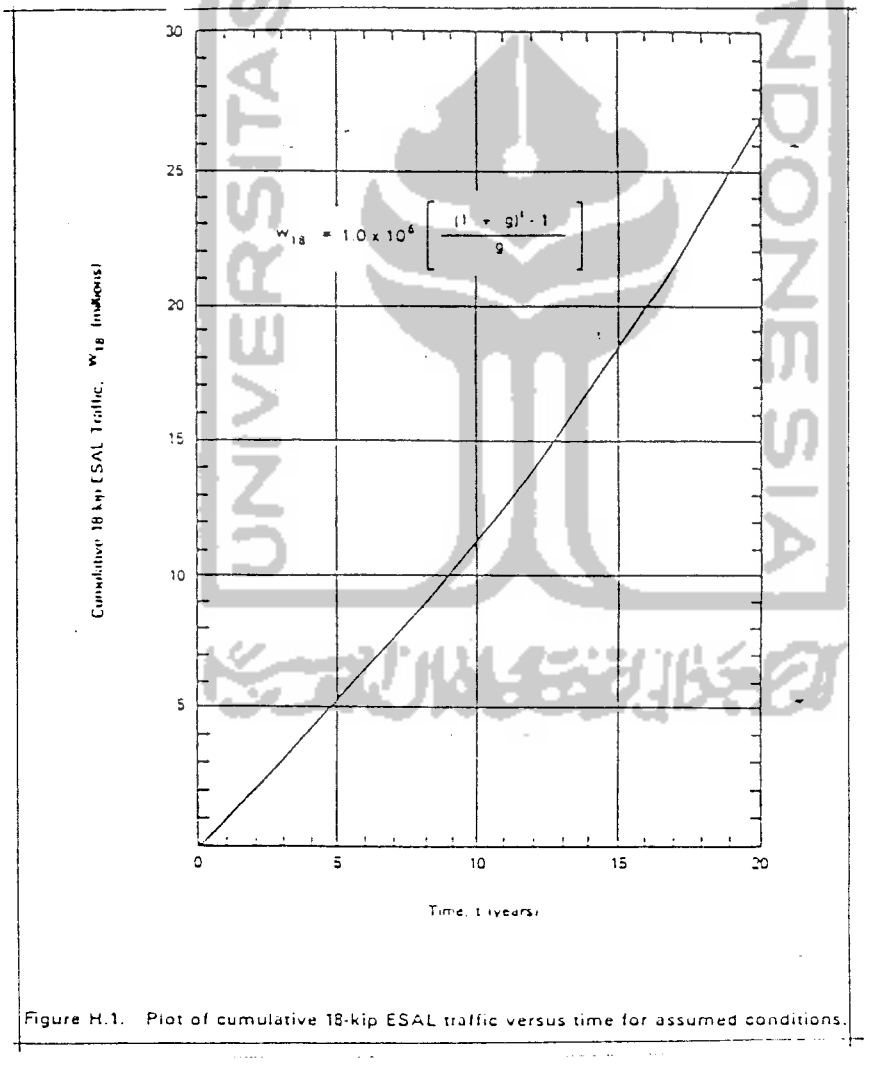


Figure H.1. Plot of cumulative 18-kip ESAL traffic versus time for assumed conditions.

Gamabar 3.2. Grafik hubungan antara 18-kESAL dan jumlah tahun
Sumber : AASHTO' 86.

3. Reliabilitas dan simpangan baku keseluruhan

Reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan selama masa pelayanan dipandang dari sipemakai jalan. Reliabilitas adalah nilai jaminan bahwa perkiraan beban lalulintas yang akan memakai jalan tersebut dapat dipenuhi. Reliabilitas dinyatakan dalam tingkat reliabilitas, seperti terlihat pada tabel 3.13.

Tabel 3.13. Tingkat Reliabilitas (*Level of Reliability*), R

Fungsi Jalan	Tingkat keandalan (R), %	
	Urban	Rural
Jalan tol	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber : AASHTO' 86

Simpangan baku (Zr) keseluruhan akibat dari perkiraan beban lalulintas dan kondisi perkerasan dapat dilihat pada tabel 3.14. dibawah ini, berdasarkan angka reliability dari tabel 3.13.

Tabel 3.14. Simpangan baku keseluruhan

Reliability R (%)	Standar normal Deviate (Zr)
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986 hal I-62

4. Kondisi lingkungan

Kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap masa pelayanan jalan tersebut. Faktor perubahan kadar air pada tanah berbutir halus memungkingkan tanah tersebut akan mengalami pengembangan (*swelling*) yang mengakibatkan kondisi daya dukung tanah dasar menurun. Besarnya pengembangan (*swell*) dapat diperkirakan dari

nilai indeks plastis tanah tersebut. Umur pelayanan jalan dipengaruhi oleh Pengaruh perubahan musim, perbedaan temperatur, kerusakan-kerusakan akibat lelahnya bahan, sifat material yang dipergunakan . Sehingga menyebabkan terjadinya pengurangan terhadap nilai indeks permukan akibat kondisi lingkungan. Untuk tanah dasar dapat dilakukan dengan korelasi terhadap 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 keatas (*potenstial vertical rise*). Untuk menentukan besarnya nilai Indeks Permukan (PSI) akibat pengembangan - (*swell*), AASHTO'86 memberika rumusan sebagai berikut :

$$PSI\ swell = 0{,}00335 \times Vr \times Ps \times (1 - e^{\theta t}) \quad .... \quad (3.13)$$

dengan :

PSI swell = perubahan indeks permukaan akibat pengembangan tanah.

Vr = besarnya potensi merembes ke atas, dinyatakan dalam inch, ampiran 10

Ps = probabilitas pengembangan, (%).

Θ = tingkat pengembangan tetap.

t = jumlah tahun yang ditinjau, dihi - tung dari saat jalan tersebut dibu ka untuk umum.

Besarnya penurunan pelayanan akibat pengembangan tanah digambarkan dalam bentuk grafik seperti terli- hat pada gambar 3.3 dibawah ini :

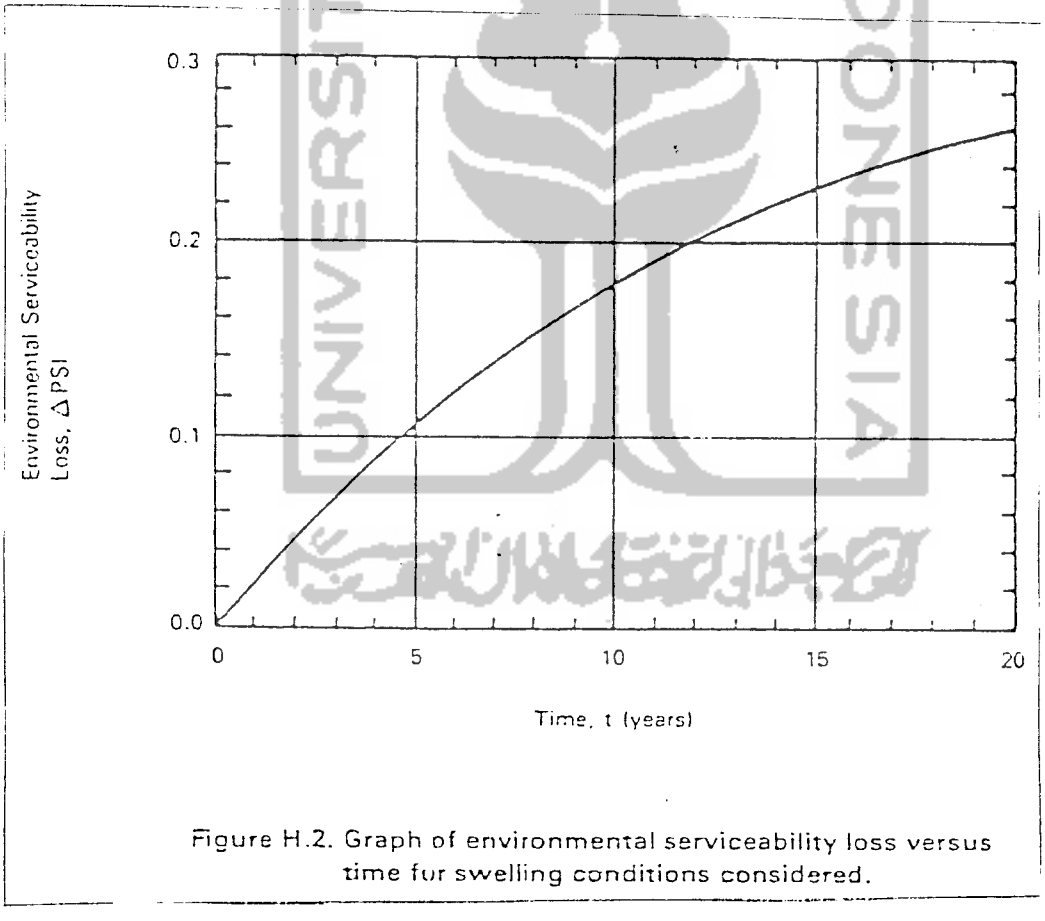


Figure H.2. Graph of environmental serviceability loss versus time for swelling conditions considered.

Gambar 3.3. Grafik hubungan antara penurunan pelaya- nan dan waktu untuk mengembang (jumlah tahun) .

5. Kriteria Kinerja Jalan

Kriteria kinerja jalan dinyatakan dalam niali indek permukaan (PSI) pada awal umur renca (IPo) dan pada akhir umur rencana (IPt).

6. Nilai Modulus Resilient (Mr)

Nilai modulus relisien (MR) digunakan untuk menentukan besarnya nilai daya dukung tanah dasar, dapat diperoleh dengan korelasi terhadap nilai CBR atau diperoleh dengan pemeriksaan AASHTO T274. Pemeriksaan Mr sebaiknya dilakukan selama 1 tahun penuh sehingga dapat diperoleh besarnya Mr sepanjang musim dalam setahun. Besarnya kerusakan relatif dari setiap kondisi tanah dasar dapat dihitung dengan memperguna-kan rumus sebagai berikut :

$$u = 1{,}18 \times 10^{8} \times Mr^{-2{,}23} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.14)$$

Mr = 1500 x CBR , dinyatakan dalam psi

dengan :

u = kerusakan relatif

Mr = Modulus resilien tanah dasar , (psi)

Modulus Resilient efektif untuk tanah dasar yang dipergunakan dalam perencanaan tebal perkerasan adalah harga kore-lasi yang diperoleh dari kerusakan relatif rata-rata dalam setahun.

7. Faktor Drainase

Sistim drainase dari jalan sangat mempengaruhi kinerja jalan tersebut. Tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh / atau terdapat pada konstruksi jalan raya bersama-sama dengan beban lalulintas dan kondisi permukaan jalan sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan. AASHTO 1986 membagi kualitas drainase ini menjadi 5 tingkat seperti pada tabel 3.15.

Tabel 3.15. Kualitas drainase

Kualitas drainase	waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan air
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Cukup	1 minggu
Buruk	1 bulan
Buruk sekali	Air tak mungkin dike - ringkan

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986

Berdasarkan kualitas dari drainase pada lokasi jalan tersebut maka dapatlah ditentukan koefisien drainase dari lapisan perkerasan lentur. AASHTO'86 memberikan daftar koefisien drainase seperti pada tabel 3.16.

Tabel 3.16. Koefisien drainase

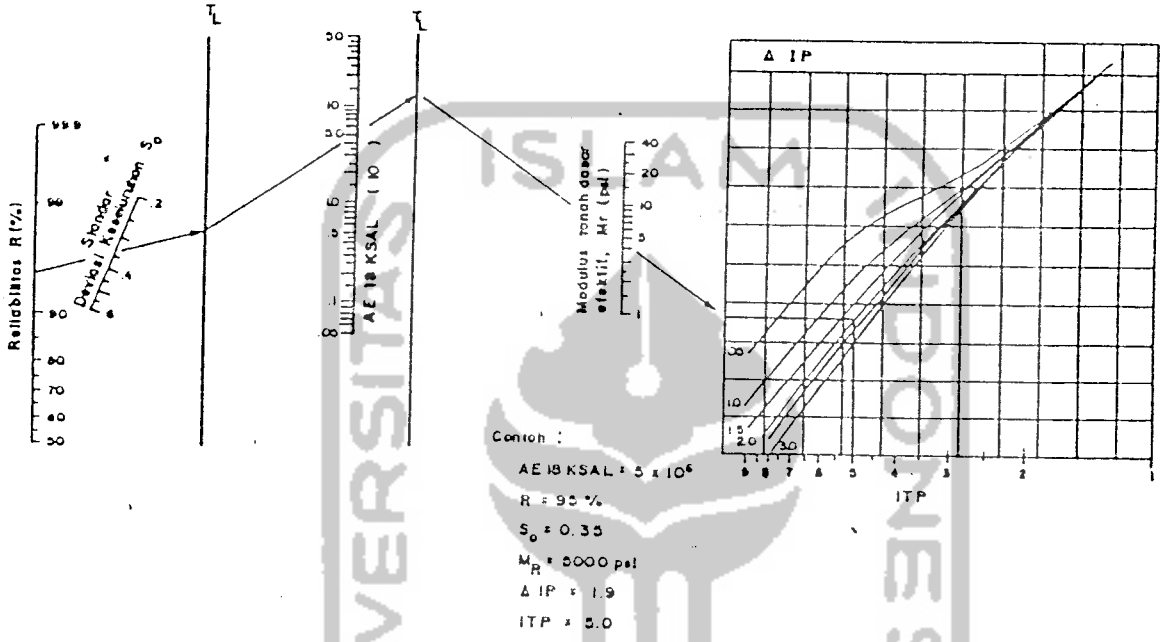
Kualitas drainase	Persen waktu perkerasan dalam keadaan lembab-jenuh			
	< 1	1 - 5	5 - 25	>25
Baik sekali	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Baik	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Cukup	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Buruk	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Buruksekali	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Sumber : AASHTO Interim Guide , 1986

B. Menentukan nilai SN tahap pertama

Untuk menentukan nilai SN tahap pertama dengan menggunakan nomogram seperti pada gambar 3.4, dibawah ini dengan tujuan jika hasil dari hitungan (SN yang diambil dengan harga anggapan) tidak sesuai dengan SN yang dicari.

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



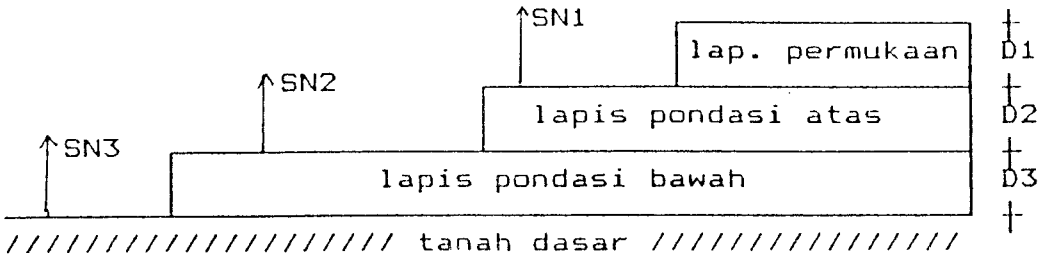
Gambar 3.4. Nomogram nilai SN

Nilai SN yang diperoleh pada langkah diatas adalah SN dengan asumsi tidak terdapat penurunan IP (=PSI) akibat swelling, dengan demikian berarti SN (=ITP) untuk umur kinerja jalan maksimum. Karena terdapat penurunan PSI akibat swelling, umur kinerja jalan (*perfomance periode*) berkurang sehingga tidak lagi sama dengan umur kinerja jalan maksimum. Lapis tambahan harus dilaksanakan sebelum umur kinerja jalan yang direncanakan (= umur kinerja jalan maksimum) untuk tahap pertama selesai. Cara memperkirakan umur kinerja jalan akibat beban lalulintas dan pengembangan adalah dengan cara trial and error, yaitu sebagai berikut :

1. Diperkirakan umur kinerja jalan (*perfomance periode* akibat beban lalulintas dan pengembangannya, dalam a tahun (besarnya lebih kecil dari umur kinerja jalan maksimum).
2. Ditentukan berapa besaranya penurunan PSI (= ?IP swell) selama a tahun dengan mempergunakan rumus atau grafik pada langkah 4.
3. Ditentukan besaranya penurunan PSI (= ?IP) akibat beban lalulintas dan pengembangan, selama umur kinerja jalan.

   PSI = IPo - IPt - IPswell (langkah 2)

4. Ditentukan AE18KSAL dengan mempergunakan nomogram gambar 3.4. Untuk nilai PSI yang sama maka PSI = IPo - IPt - IPswell
5. Ditentukan berapa lama besarnya AE18KSAL yang diperoleh pada langkah 4 tercapai dengan mempergunakan rumus atau grafik yang diperoleh pada langkah 2 (gambar 3.2) yaitu hasilnya harus ± sama dengan umur kinerja jalan (langkah 1),jika terdapat perbedaan maka iterasi harus diteruskan sampai hasil yang diperoleh pada langkah 5 ini mendekati harga perkiraan pada langkah 1. Perhitungan dapat dilakukan dengan mempergunakan rumus dibawah ini yang terlihat pada gambar 3.5. dibawah ini.



Gambar 3.5. Struktur perkerasan tiap lapis

Rumus dari AASHTO, 1986 yang digunakan adalah :

$$D_1^* \geq SN_1 / a_1$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

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

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \{ SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*) \} / a_3 m_3$$

dengan :

a = koefisien kekutan relatif
D = tebal perkerasan tiap lapis
m = koefisien drainasi

D^* dan SN^* adalah nilai yang sebenarnya diperguna kan, dapat sama atau lebih besar dari nilai yang dibutuhkan.

BAB IV
CARA ANALISIS

A. Metodologi Analisis

Penulisan yang dilakukan ini merupakan sebuah penulisan tentang tebal lapis keras pada jalan lingkar utara untuk masa pelayanan lalulintas 20 tahun mendatang dengan menggunakan metode Bina Marga tahun 1987 dan metode AASHTO tahun 1986. Dalam mengambil metode AASHTO ini, dengan mempertimbangakan berbagai kemudahan dalam mereduksi beberapa faktor kedalam suasana lapangan di Indonesia. Dalam hal ini faktor lingkungan yang menjadi salah satu perhatian AASHTO dalam merencanakan tebal perkerasan suatu jalan raya.

B. Metoda Penentuan Subyek

Yang di maksud dengan penentuan subyek adalah benda atau sesuatu yang dijadikan sasaran dalam penulsan. Pada penulisan ini, beberapa hal yang dijadikan sasaran yang berkaitan dengan perkerasan adalah : subgrade, subbase, base, dan surface. kemudian komponen lainnya yang mempengaruhi ke empat lapisan tersebut adalah beban lalulintas.

C. Metoda Pengumpulan Data

Data sebagai faktor penting dalam menentukan dan memilih jenis perkerasan yang akan dipilih dalam suatu perencanaan perkerasan jalan raya. Pada penulisan ini,

data diperoleh langsung dari Dinas Pekerjaan Umum Daerah Istimewa Yogyakarta dan instansi lainnya yang terkait. Semua data tersebut bersifat data sekunder, mengingat waktu yang singkat untuk penulisan ini. Selain itu waktu yang singkat ini tidaklah presentatif bagi penulis melakukan percobaan untuk mendapatkan data primer yang dibutuhkan.

Data yang digunakan dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Data dari jalan tersebut termasuk di dalamnya adalah kelas jalan , kecepatan rencana, lebar jalan, jumlah arah dan jalur jalan, dan geometrik dari jalan tersebut.
2. Data lalulintas yang melalui jalan tersebut, yang dalam perencanaannya dikenal dengan LHR (lintas Harian Rata-rata).
3. Umur Rencana (UR) dari jalan tersebut.
4. Data tanah dasar, yaitu CBR dari tanah dasar pada proyek ini.
5. Data lingkungan yang dalam perencanaan dikenal dengan faktor regional (FR).
6. Jenis dan koefisien distribusi dari kendaraan yang melalui jalan tersebut.
7. Koefisien kekuatan relatif dari bahan material yang digunakan pada jalan tersebut untuk tiap-tiap lapis.
8. Indek Permukaan dari jalan tersebut, baik indek permukaan pada awal umur rencana maupun pada akhir umur rencana.

D. Metoda Analisis Data

Setelah dilakukan pengumpulan data di lapangan, selanjutnya dilakukan proses analisa data. Proses analisa data (perhitungan) dipakai kedua metode diatas, yaitu metode Bina Marga tahun 1987 dan metode AASHTO tahun 1986.



BAB V

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Perhitungan

Dalam menganalisis tebal lapis keras suatu jalan, tentu tidak bisa lepas dari data yang ada, baik data primer maupun data sekunder. Dengan demikian hasil dari analisis akan dapat memberikan suatu gambaran kondisi dansituasi jalan tersebut pada saat ini, sehingga dapat diproyeksikan untuk masa yang akan datang, dalam hal ini peneliti memproyeksikan untuk masa pelayanan lalulintas 20 tahun mendatang. Disamping itu dari hasil analisis akan dapat pula diketahui permasalahan-permasalahan yang timbul dan yang akan timbul dilapangan nantinya.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam menganalisis jalan khususnya pada jalan lingkar utara ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Data LHR (lalulintas harian rata-rata)
2. Data Faktor Regional (FR), yaitu keadaan topografi dan kelandaian
3. Data Agregat klas A untuk pondasi atas
4. Data Agregat klas B untuk pondasi bawah
5. Data CBR tanah dasar
6. Data ATB, ATBL dan HRS untuk lapis permukaan jalan

1. Metode Bina Marga 1987 (Analisa Komponen 1987)

a. Perhitungan Perencanaan Tebal Lapis Keras

1. Data Lalulintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalulintas Harian Rata-rata merupakan hal yang sangat dominan sebagai dasar acuan dalam menentukan perkerasan suatu jalan. Untuk itu perlu diketahui jumlah lalulintas pada saat sebelum, sedang dan sesudah pengerjaan perkerasan suatu jalan. Berkaitan dengan hal tersebut untuk mengetahui perkembangan lalulintas pada periode berikutnya, maka diadakan perhitungan perkembangan lalulintas dengan menggunakan rumus $(1 + i)^n$.

Data LHR yang dipakai dalam perhitungan tebal lapis keras pada analisis ini adalah sesuai dengan hasil survai perhitungan lalulintas dari Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, pada tanggal 28 Pebruari 1993, adalah sebagai berikut seperti pada Tabel 5.1 :

Tabel 5.1. Data Lalulintas Harian Rata-rata

Jenis Kendaraan	SMP
a. sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang dan sepeda	15.225,00
b. sedan, jeep dan station wagon	8.470,00
c. opelet, pickup opelet, suburban combi dan mini bus	1.469,00
d. pickup, mikro truk dan mobil-hantaran	2.899,00
e. bus	441,00
f. truk 2 as	2.457,00
g. trailer truk 3 as atau lebih gandengan	444,00
h. kendaraan tidak bermotor	2.600,00

sumber : DPU, Dirjen Bina Marga Prop. DIY 1993

Untuk jenis kendaraan a dan h diabaikan dalam perhitungan, mengingat kedua jenis kendaraan tersebut sangat ringan (< 750 kg).

Maka akan didapatkan data hasil sebagai berikut (tabel 5.2) :

Tabel 5.2. Data Lalulintas Harian Rata-rata)[1]

Jenis Kendaraan	SMP
Kendaraan ringan 2 ton	12.838,00
Bus	441,00
Truk 2 as	2457,00
Truk 3 as	296,00
Truk 5 as	148,00
JUMLAH	16.180,00

sumber : DPU, Dirjen Bina Marga Prop. DIY 1993

1) Untuk jenis kendaraan a dan h diabaikan dalam perhitungan, mengingat kedua jenis kendaraan tersebut sangat ringan (< 750 kg). Untuk memudahkan dalam memahami pengabaian itu, maka dapat membandingkan angka ekivalen untuk kendaraan ringan yang lebih kecil dari 750 kg (0,00007) dengan berat kendaraan ringan yang dipertimbangkan dengan berat 2 ton - 8 ton (0,0036 - 0,9238). Hal ini dapat dilihat di beberapa perhitungan tebal tebal lapis keras pada buku terbitan DPU, lihat Bina Marga No: 04/BM/1977 dan Sukirman hal 102.

Hitungan :

LHR pada tahun 1994 (dengan pertumbuhan 5 %).

Kendaraan ringan 2 ton = 12.838 $(1+0,05)^1$ = 13.479,90

Bus = 441 $(1+0,05)^1$ = 463,05

Truk 2 as = 2457 $(1+0,05)^1$ = 2.579,85

Truk 3 as = 296 $(1+0,05)^1$ = 310,80

Truk 5 as = 148 $(1+0,05)^1$ = 155,40

Σ LHR = 16.989,00

LHR untuk 20 tahun mendatang dengan pertumbuhan 6 % (tahun 2013).

Kendaraan ringan 2 ton = 12.838 $(1+0,06)^{20}$ = 41.173,21

Bus = 441 $(1+0,06)^{20}$ = 1.414,35

Truk 2 as = 2457 $(1+0,06)^{20}$ = 7.879,93

Truk 3 as = 296 $(1+0,06)^{20}$ = 949,31

Truk 5 as = 148 $(1+0,06)^{20}$ = 474,66

Σ LHR_{20} = 51.891,45

Tabel 5.3. Jumlah Lalulintas Harian Rata-rata berdasarkan hitungan dengan rumus $(1+ i)^n$

Jenis kendaraan	Data th 1993	Perkiraan	
		1994	2013
Kendaraan ringan	12.838	13.479,90	41.173,21
Bus	441	463,05	1.414,35
Truk 2 as	2.457	2.579,85	7.879,93
Truk 3 as	296	310,80	949,31
Truk 5 as	148	155,40	319,52
JUMLAH	16.180	16.989,00	51.891,45

2. Angka Ekivalen (E)

Angka ekivalen dari beban kendaraan (gandar tunggal dan gandar ganda) dihitung dengan menggunakan tabel 3.5.

1. Kendaraan ringan 2 ton (as depan 1 ton + as belakang 1 ton)

   E = 0,0002 + 0,0002

   = 0,0004

2. Bus 8 ton (as depan 3 ton + as belakang 5 ton)

   E = 0,0183 + 0,1410

   = 0,1593

3. Truk ringan 13 ton (as depan 5 ton + as belakang (ganda) 8 ton)

   E = 0,1410 + 0,0794

     = 0,2204

4. Truk sedang 20 ton (as depan 6 ton + 2 as belakang (ganda) 7 ton)

   E = 0,2923 + 2 x 0,7452

     = 1,0375

5. Truk berat 30 ton (as depan 6 ton + 2 as belakang masing-masing (ganda) 7 ton + 2 as gandengan masing-masing 5 ton)

   E = 0,2923 + 2 x 0,7452 + 2 x 0,1410

     = 1,3195

3. Faktor Distribusi Kendaraan (c)

Pada perencanaan tebal lapis keras pada jalan lingkar utara yogyakarta, yang merupakan jalan 2 jalur 2 arah, sesuai dengan tabel 3.3 diambil nilai (c) sebesar : 0,5.

4. Menghitung Lintas Ekivalen

a. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Dalam menentukan Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) di gunakan rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^{n} LHR_j \times C_j \times E_j$$

1. Kendaraan ringan 2 ton

   LEP = 12.838 x 0,5 x 0,0004 = 2,568

2. Bus

   LEP = 441 x 0,5 x 0,1593 = 35,126

3. Truk ringan 2 as

   LEP = 2.475 x 0,5 x 0,2204 = 270,761

4. Truk sedang 3 as

   LEP = 296 x 0,5 x 1,0375 = 153,550

5. Truk berat 5 as

   LEP = 148 x 0,5 x 1,3195 = 97,643

   ---------- +

   Σ LEP = 559,648

b. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Dalam menentukan nilai Lintas Ekivalen Akhir (LEA) digunakan rumus sebagai berikut :

$$LEA = \sum_{j=1}^{n} LHR\ (1 + i)^{UR_j} \times C_j \times E_j$$

1. Kendaraan ringan 2 ton

   LEA = 41.173,21 x 0,5 x 0,0004 = 8,23

2. Bus

   LEA = 1.414,34 x 0,5 x 0,1593 = 112,65

3. Truk ringan 2 as

   LEA = 7.879,93 x 0,5 x 0,2204 = 868,37

4. Truk sedang 3 as

   LEA = 949,31 x 0,5 x 1,0375 = 492,46

5. Truk berat 5 as

   LEA = 474,67 x 0,5 x 1,3195 = 313,15

   $\Sigma\ LEA_{20}$ = 1.794,87

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Dalam menentukan nilai Lintas Ekivalen Tengah (LET) digunakan rumus sebagai berikut :

LET = 1/2 (LEP + LEA)

LET = 1/2 (559,648 + 1.794,87)

= 1.177,27

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Untuk menentukan nilai Lintas Ekivalen Rencana (LER) digunakan rumus sebagai berikut :

LER = LET x UR/10

LER = 1.177,27 x 20/10

= 2.354,51

5. Mencari besarnya Daya Dukung Tanah (DDT)

Dengan menggunakan nomogram korelasi CBR (gambar 3.1) nilai Daya Dukung Tanah (DDT) dapat ditentukan dengan menarik garis horisontal kekiri tepat pada nilai CBR. Selanjutnya menentukan nilai indek permukaan (tabel 2.2). Dari nomogram dan tabel tersebut di dapatkan nilai-nilai antara lain :

1) CBR = 8,0 %

Dari tabel kolerasi CBR (gambar 3.1.) diperoleh besarnya harga DDT = 5,5

2) Jalan lingkar utara adalah termasuk jalan arteri dengan diperolehnya harga LER maka

dari tabel 2.1 dan tabel 2.2 diperoleh IPo = 3,9 - 3,5 dan IPt = 2,0

6. Menentukan Faktor Regional (FR) berdasarkan pada tabel 3.6 , untuk daerah lingkar utara Yogyakarta diambil FR (FR = 1,0)

7. Mencari besar dari Indek Tebal Permukaan (ITP) berdasarkan data-data sebagai berikut :

LER = 2.354,51

FR = 1,0

DDT = 5,5

IPo = 3,9 - 3,5

IPt = 2,0

Dari lampiran 1 sampai 9 maka didapat ITP = 9,9

Nilai ITP ini selanjutnya dimasukkan kepersamaan untuk mencari tebal perkerasan. Untuk menentukan tebal masing-masing lapisan setelah nilai ITP didapatkan maka dapat diperoleh dari tabel 3.7. dan nilai koefisien kekuatan relatif (a) dapat ditentukan dengan menggunakan tabel 3.8 dan 3.9.

$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$

a_1 = Koefisien kekuatan relatif laston = 0,32

a_2 = Koefisien kekuatan relatif base klas A

= 0,14

a_3 = Koefisien kekuatan relatif subbase klas B

= 0,12

D_1 = Tebal lapis permukaan

D_2 = Tebal lapis pondasi = 20 cm

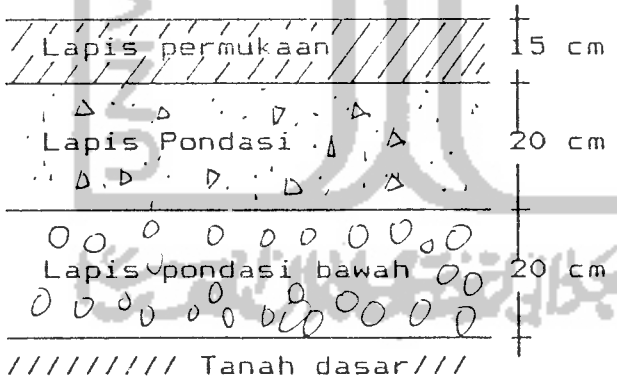
D_3 = Tebal lapis pondasi bawah = 20 cm

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

$$9,9 = 0,32.D_1 + 0,14.20 + 0,12.20$$

D_1 = 14,6875 cm ----? diambil 15 cm

Susunan perkerasan :



Gambar 5.1. Tebal lapis keras dari hitungan Metode Analisa Komponen Bina - Marga, 1987.

8. Menentukan Umur Rencana Jalan

Hasil uji bahan masing-masing lapisan dilaboratorium adalah sebagai berikut :

- lapis permukaan, HRS (MS : 843) : 0,275
- lapis permukaan, ATBL (MS : 746) : 0,2438
- lapis permukaan, ATB (MS : 1232) : 0,41

- lapis pondasi (A) (CBR 80%) : 0,13
- lapis pondasi (B) (CBR 30%) : 0,12

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 + ... + a_nD_n$$

$$ITP = 0,275.3 + 0.2348.5 + 0,41.5 + 0,13.20 + 0,12.20$$
$$= 9,094$$

Besarnya nilai lintas ekivalen rencana yang terjadi = 2355

Lamanya umur rencana perkerasan jalan lingkar utara yogyakarta sebelum overlay dilakukan adalah :

$LER = LET_{20} . UR/10$

$2355 = 2354,51 . UR/10$

$UR = 20,0041$ tahun.

b. Perhitungan Overlay jalan lama

Pada jalan lingkar utara Yogyakarta untuk sekarang ini telah terjadi perubahan pelebaran jalan guna mengimbangi pertumbuhan lalulintas yang terus meningkat tiap tahunnya , untuk itu pada perkerasan jalan tersebut telah terjadi perubahan pada lapis permukaan perkerasan, sehingga jalan tersebut perlu direncanakan adanya penambahan lapis perkerasan pada jalan lama (*overlay*).

- Laston (MS : 746) = 15 cm
- Agregat klas A (CBR : 80 %) = 20 cm

- Agregat kelas B (CBR : 30 %) = 20 cm

Dari hasil penelitian dilapangan terhadap kondisi jalan lama menunjukkan bahwa pada lapis permukaan terdapat beberapa kerusakan waulupun masih cukup stabil, yaitu retak sedang dan penurunan pada jalur roda akibat pengaruh pertumbuhan lalulintas. Keadaan yang demikian mengakibatkan kondisi lapis permukaan berkurang sampai 40 % dari awal jalan tersebut dibuka.

Adapun data dari jalan tersebut adalah :

- LER_{20} = 2.354,51
- FR = 1,0
- DDT = 5,8 (CBR = 9,1 %)
- IPt = 2,0
- maka diperoleh ITP = 9,5 (lampiran 4)

Berdasarkan data tersebut diatas maka perhitungan penambahan tebal lapisan perkerasan dapat ditentukan sebagai berikut :

- 60 % . 15 . 0,32 = 2,88
- 100% . 20 . 0,14 = 2,8
- 100% . 15 . 0,12 = 1,8

Σ ITP = 7,48

- LER_{2014} = 2.354,51

maka tebal lapis hingga umur rencana tahun ke-20 (th 2013) :

$ITP = ITP_{2014} - \Sigma ITP$

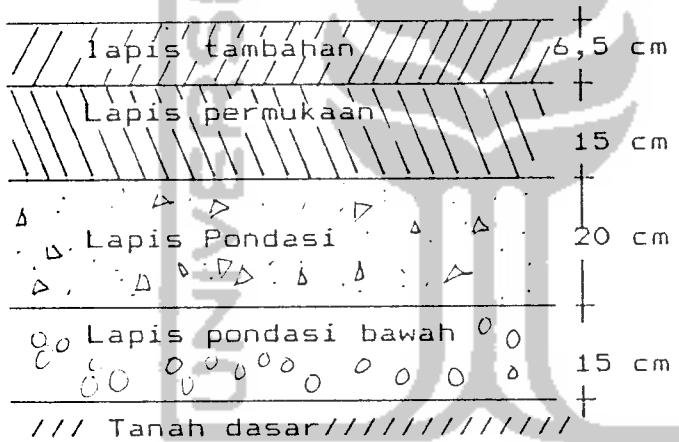
$= 9,5 - 7,48$

$= 2,02$

$2,02 = 0,32\ D_1$

$D_1 = 6,3125$ cm ------? diambil 6,5 cm.

Susunan lapis perkerasan :



Gambar 5.1. Tebal lapis keras dari hitungan penamahan lapisan Metode Analisa Komponen Bina Marga, 1987.

2. Perhitungan Metode AASHTO 1986

a. Data lalulintas yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum seperti pada tabel 5.4. dibawah ini :

Tabel 5.4. Data lalulintas tahun 1993.

Jenis kendraan	Jumlah kendaraan th 1993
-Kend. ringan 2 ton	12.838
-Bus 8 ton	441
-Truk 2 as	2.457
-Truk 3 as	296
-Truk 5 as	148

Sumber : Disain final jalan arteri lingkar utara.

Data-data lain sebagai berikut :

- Perioda analisis : 20 tahun
- Angka pertumbuhan lalulintas : 6 %
- Fungsi jalan : Urban
- Klasifikasi jalan : Arteri
- Tanah dasar (CBR) : 8 %
- Indek plastisitas : 12,00

Data-data yang diasumsikan :

- Tingkat pelayanan awal (Po) : 4,2 (lapis permukaan beton aspal)
- Keandalan (R)
  * Jalan arteri urban diambil : 90 %

* Untuk 2 tahab (perkerasan awal dan 1 kali overlay) maka R = $0,9^{\frac{1}{2}}$ = 95 %.

* Zr (simpangan baku normal) untuk R = 95 % adalah -1,645.

  Dapat dilihat pada tabel 3.13 dan 3.14.

- Koefisien drainase (m)

  * Diambil 0,8 untuk keadaan drainase cukup dan waktu pengeringan dalam keadaan lembab sampai jenuh, > 25 %, terlihat pada tabel 3.15 dan 3.16.

- Standar deviasi keseluruhan (So)

  * Untuk perencanaan antara 0,4 - 0,5 diambil 0,45 menurut AASHTO 1986 bagian I bab 4 subbab 4.3 - halaman I-62.

- Tanah dasar (Mr = modullus resilien)

  * Mr = 1500 x CBR
       = 1500 x 8
       = 12.000 Psi

a. Analisis lalulintas

Dengan asumsi SN_{awal} = 3,3 dan Pt = 2,0 diperoleh faktor ekivalen masing-masing kendaraan seperti tabel 5.5 dibawah ini :

Tabel 5.5. Faktor ekivalen kendaraan

Jenis kendaraan	Faktor ekivalen
-Kendaraan ringan 2 ton as depan 1 ton = 2,24 kip as belakang 1 ton = 2,24 kip	0,0008
-Bus 8 ton as depan 3 ton = 6,72 kip as belakang 5 ton = 11,2 kip	0,1672
-Truk 2 as = 13 ton as depan 5 ton as belangkang (ganda) 7ton =31,4 k	0,8029
-Truk 3 as = 20 ton as depan 6 ton = 13,4 k as belakang (tandem) = 31,4 kip	1,0865
-Truk 5 as = 30 ton as depan 6 ton = 13,4 kip as belakang (ganda) 14 ton = 31,4 k as gandeng depan 5 ton as gandeng belakang 5 ton	1,1389

Dari tabel 5.5 dan Faktor ekivalen beban gandar (a) pada tabel 3.10 dan 3.11 maka dapat di hitung jumlah kendaraan untuk tahun pertama seperti terlihat pada tabel 5.6. :

Tabel 5.6. Jumlah kendaraan ekivalen 18-kip ESAL

Jenis kendaraan	jml kend. tahun I (a)	Angka pertum buhan 1.1. (b)	Perencaan 1.1. tahun I (c)	Faktor ekivalen (d)	Perencanaan 18-k ESAL (e)
		%			
-Kend. ringan 2 ton	12838	36,79	472310,02	0,0008	377,848
-Bus 8 ton	441	36,79	16224,39	0,1672	2712,7181
-Truk 2 as = 13 ton	2457	36,79	90393,03	0,8029	72576,5638
-Truk 3 as = 20 ton	296	36,79	10889,84	1,0865	11831,8112
-Truk 5 as = 30 ton	148	36,79	5444,09	1,3819	7524,3349
jumlah total	16180		595262,20	18k-ESAL (W_{18})	95023,2759

Keterangan :

(a) Jumlah lalulintas harian rata-rata awal tahun perencanaan (LHR).

(b) Faktor pertumbuhan lalulintas yang diperoleh dari persamaan :

$$*\text{faktor} = \frac{(1+g)^{t}-1}{g}$$

$$g = \frac{\text{angka pertumbuhan lalulintas}}{100}$$

diperoleh dari lampiran 16.

(c) Perencanaan lalulintas pada tahun pertana yaitu (a) x (b).

(d) Faktor ekivalen, tabel 5.5.

(e) Perencanaan jumlah kendaraan ekivalen 18-k ESAL = (d) x (e).

Sehingga pengulangan kumulatif 18-kip ESAL perarah pada lajur rencana tahun pertama :

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

dengan :

D_D = faktor distribusi arah 50 %

D_L = faktor distribusi lajur 100 %

W_{18t} = 0,5 x 1 x 95023,2759

= 47511,6370 18-kip ESAL

= 0,5 . 10^6 18-Kip ESAL

untuk menentukan pengulangan beban dalam perencanaan fungsi waktu, dibuat gambar perkiraan kumulatif pengulangan 18-KipESAL dalam periode analisis . (seperti pada contoh gambar 3.2.) yang diperoleh dari persamaan :

$$W_{18t} = W_{18'} \left| \frac{(1+g)^{t-1}}{g} \right|$$

dengan :

W_{18t} = Kumulatif pengulangan 18-Kip ESAL perarah pada lajur rencana fungsi waktu.

$W_{18'}$ = Kumulatif pengulangan 18-kip ESAL pada tahun pertama

g = angka pertumbuhan lalulintas 6 %

t = waktu (tahun perencanaan)

Tabel 5.7. Kumulatif 18-Kip ESAL terhadap waktu

X	Y	X	Y
0	00000,0	11	748582,1318
1	47511,6380	12	843497,0598
2	103000	13	944106,8833
3	159180	14	1050753,296
4	218773,080	15	1163798,494
5	281854,6479	16	1283626,404
6	346765,9268	17	141064,3988
7	419691,8824	18	1545282,627
8	494873,3954	19	1687999,585
9	574565,7991	20	1839279,5600
10	659039,7471		

Keterangan :

X = waktu tahun

Y = Kumulatif 18-Kip beban ekivalen sumbu tunggal perarah pada lajur rencana.

b. Perkiraan Periode Perencanaan

Diperkirakan periode perencaan konstruksi 20 tahun dihitung SN maksimum selama periode perencanaan. Untuk menghitung SN dengan persamaan sebagai berikut :

R = 95 %

Zr = -1,645

So = 0,45

Mr = 12000 psi

PSI= Po - Pt

= 4,2 - 2,0 = 2,2

W_{20t} dari gambar 3.4 diperoleh $0,8 \times 10^6$ 18-Kip ESAL

Dari persamaan diatas diperoleh SN mak = 3,35

c. Pengaruh pengembangan tanah dasar

Dihitung pengaruh pengembangan tanah dasar yang menyebabkan berkurangnya tingkat pelayanan.

Diketahui :

- ketebalan badan jalan = 46 cm
- indek plastisitas = 12

Dari lampiran 10 diperoleh potensi pengembangan vertikal (Vr) = 0,32 inchi.

Swell Rate Constant (θ) = 0,07 untuk PI > 20 menurut AASHTO halaman H-4.

Dari persamaan :

$$\Delta PSI_{sw} = 0{,}00335.VR.Ps.(1-e^{-\theta t})$$

Di buat gambar ?PSIsw fungsi waktu,dengan Ps = 80 % (timbunan tanah dasar, diasumsikan mempunyai swelling yang sama).

Hasil perhitungan PSIsw seperti pada tabel 5.8.

Tabel 5.8. ΔPSIsw terhadap waktu

X	Y	X	Y
0	0,00000	10,5	0,0252
1	0,0012	11	0,0261
1,5	0,0036	11,5	0,0276
2	0,0048	12	0,0288
2,5	0,0060	12,5	0,0300
3	0,0072	13	0,0312
3,5	0,0084	13,5	0,0324
4	0,0096	14	0,0336
4,5	0,0108	14,5	0,0348
5	0,0120	15	0,0360
5,5	0,0132	15,5	0,0372
6	0,0144	16	0,0384
6,5	0,0156	16,5	0,0396
7	0,0168	17	0,0408
7,5	0,0180	17,5	0,0420
8	0,0192	18	0,0432
8,5	0,0204	18,5	0,0444
9	0,0216	19	0,0456
9,5	0,0228	19,5	0,0468
10	0,0240	20	0,0480

Keterangan :

X = waktu tahun

Y = ΔPSIsw

d. Perhitungan Umur Aktual

Di cari umur aktual karena pengaruh swelling untuk menentukan kapan overlay akan dilakukan.

Diketahui SN awal = 3,35

Maksimum periode perencanaan 20 tahun

PSI = 2,2

Tabel 5.8. Perhitungan Umur aktual

iterasi (1)	Taksiran th perenc aktual (2)	PSI_{SW} (3)	PSI_{TR} (4)	Kumulatif pengulangan beban yang di ijinkan (5)	tahun perencanaan yang sesuai (6)
1	18	0,0432	2,1568	785484,8687	20,3
2	19	0,0456	2,1544	785454,2020	20,2
3	19,5	0,0468	2,1532	785438,8550	20,1

Keterangan :

(2) Taksiran perencanaan tahun aktual

(3) Taksiran nilai ΔPSIsw berdasarkan tahun pada (2) memakai gambar 3.3.

(4) PSI - (3)

(5) kumulatif pengulangan beban yang diizinkan dari persamaan (3.8) halaman 42 dengan data seperti penentuan SN_{maks} kecuali PSI diganti dengan (4).

(6) Memakai gambar 3.3 dengan (5) dicari tahun perencanaan yang sesuai.

Dari iterasi diperoleh tahun aktual 20 tahun dengan $W = 1,8 \times 10^6$ 18 -Kip ESAL.

e. Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan Awal

Untuk konstruksi dengan umur 20 tahun, dipakai pendekatan analisis lapisan untuk menentukan ketebalan lapisan.

Perkerasan terdiri dari 3 lapis dengan jenis lapis perkerasan yang dipakai sebagai berikut :

Lapisan permukaan beton aspal

E = 40000 Psi, a_1 = 0,42

Lapisan Pondasi atas batu pecah kelas A

E = 30000 Psi , a_2 = 0,14

Lapiasan pondasi bawah agregat kelas B

E = 11000 Psi, a_3 = 0,08

Perhitungan penentuan ketebalan masing-masing lapisan.

Lapis permukaan :

R = 95 %

So = 0,45

W_{20} = 1,8 x 10^6 18-Kip ESAL

Pondasi atas 30000 Psi , PSI_{TR} = 2,1532

Dari persamaan diperoleh SN_1 = 2,1

Ketebalan beton aspal :

$D^*_1 = SN_1/a_1$

= 2,1/0,42

= 5 inch = 12,7 cm ------ 13 cm = 5,118 inch

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

= 0,42 . 5,118

= 2,148 > SN1 = 2,1

Lapis pondasi atas :

Dengan data yang sama kecuali E = 11000 Psi diperoleh SN_2 = 2,90

Ketebalan batu pecah klas A (CBR = 80%)

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

$= 2,90 - 2,149/ (0,14 . 0,8)$

$= 6,705$ inch $= 17,03$ cm -- 17,5 cm $= 6,9$ inch

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

$= 0,14 . 6,9 . 0,8$

$= 0,77$

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

$2,148 + 0,77 = 2,919 > 2,9$

Lapis pondasi bawah :

Ketebalan aggregat klas B (CBR 100 %)

$D^*_3 = \{SN_3 - (SN^*_2 + SN^*_1)\}/a_3 m_3$

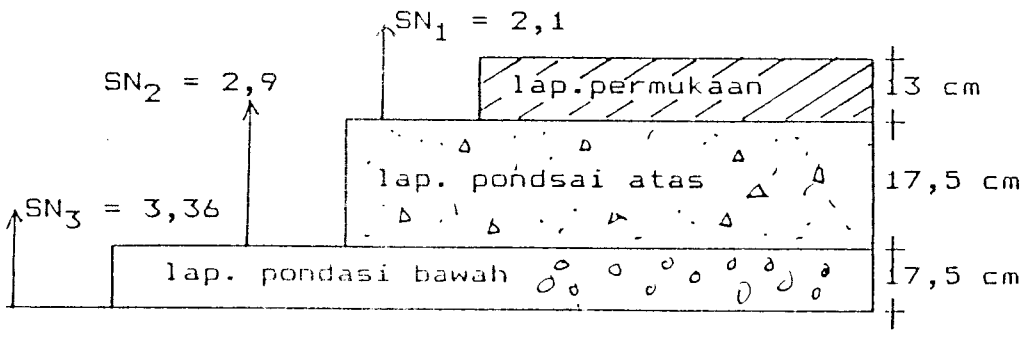
$= \{3,35 - (0,77 + 2,148)\}/0,08 . 0,8$

$= 6,734$ inch $= 17,105$ cm -- 17,5 cm $= 6,9$ inc

$SN_{total} = 0,42.5,118 + 0,14.6,9.0,8 + 0,08.6,9.0,8$

$= 3,36$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.3. Tebal lapis keras berdasarkan hitungan metode AASHTO 1986.

Hasil Stabilitas Marshal Test Lapis Permukaan

-HRS (843 kg) = 0,21

-ATBL (746 KG) = 0,19

-ATB (1232 KG) = 0,255

---

a1 = 0,655

Hasi test mix design test :

- Agregat base klas A (CBR 80%) , a2 = 0,13
- Agregat subbase klas B (CBR 30%), a3 = 0,109

Besarnya koefisien kekuatan relatif bahan terlihat pada lampiran 11,12,13,14 dan 15.

Perhitungan penentuan tebal lapis masing-masing perkerasan dengan data hasil stabilitas marshal test lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah berdasarkan persamaan diatas maka diperoleh tebal masing-masing lapis sebagai berikut :

$D^*_1 = SN_1/a_1$

$= 2,1/0,655$

$= 3,206$ inch $= 8,14$ cm $= 8,5$ cm -- $=3,346$ inch

$SN^*_1 = a_1 . D_1$

$= 0,655 . 3,346$

$= 2,1919 > SN_1 = 2,1$

Lapis pondasi atas :

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

$= 2,9 - 2,1919/(0,13.0,8)$

$= 6,808$ inch $= 17,29$ cm $\rightarrow$ 17,5 cm $= 6,9$ inch

$SN^*_2 = a_2.D_2.m_2$

$= 0,13.6,9.0,8$

$= 0,7176$

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

$2,1919 + 0,7176 = 2,909 > SN_2 = 2,9$

Lapis pondasi bawah :

$D^*_3 = \{SN_3 - (SN^*_2 + SN^*_1)\}/(a_3.m_3)$

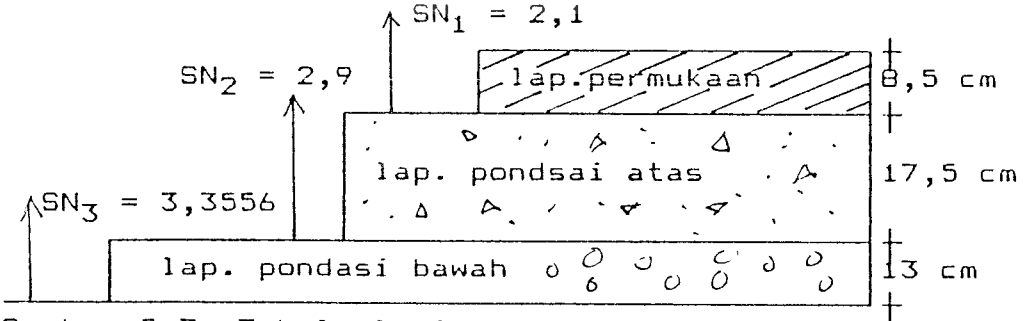
$= \{3,35 - 2,909\}/(0,109.0,8)$

$= 5,05$ inch $= 12,8$ cm $\rightarrow$ 13 cm $= 5,12$ inch

$SN_{total} = 0,655.3,346 + 0,13.6,9.0,8 + 0,109.5,12.0,8$

$= 3,3556$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.3. Tebal lapis keras berdasarkan hasil Marshal Test dengan metode AASHTO 1986

3. Perhitungan perkerasan jalan lama (overlay)

- Laston (MS 746) a1 = 0,445 (= 13 cm)
- Lapis pondasi , klas A (CBR 80%) a2 = 0,13 (17,5 cm)
- Lapis pondasi bawah ,klas B (CBR 30%) a3 = 0,109

- CBR tanah dasar 9,1 %
- So = 0,45
- R = 95 %
- Mr = 1500 x CBR
  = 1500 x 9,1
  = 13650
- WPV_{18t} = 1,8 x 10^6 18-K ESAL

Berdasarkan data-data diatas maka dari gambar 3.4 diperoleh nilai SN = 3,5. Maka perhitugan tebal lapis keras tambahan adalah sebagai berikut :

- 60 % . 13 . 0,455 = 3,471 cm
- 100% . 17,5 . 0,13 = 2,275 cm
- 100% . 17,5 . 0,109 = 1,9075 cm

Σ SN = 7,6535 cm
= 3,013 inch

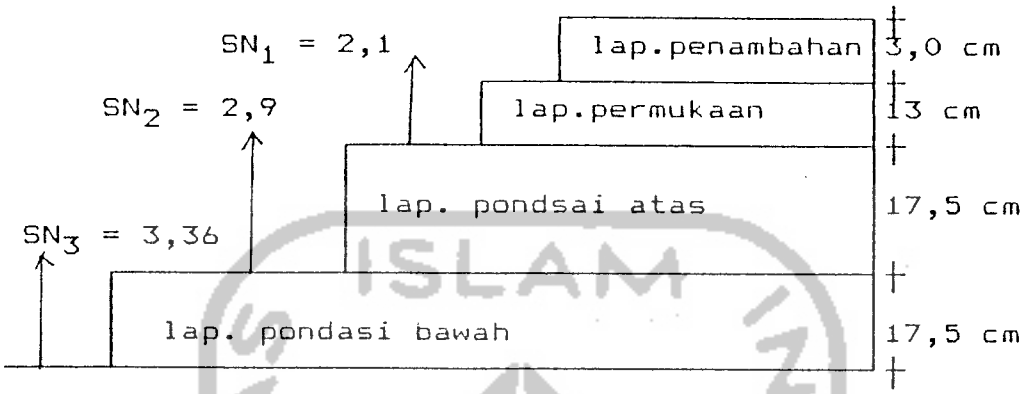
SN - Σ SN = 0,455 . D1

3,5 - 3,013 = 0,455 . D1

D1 = 1,0944 inch

= 2,779 cm = 3 cm.

Susunan perkerasan :



Gambar 5.3. Tebal lapis keras berdasarkan hitungan metode AASHTO 1986.

Hasil perhitungan dari analisa komponen 1987 dan metode AASHTO 1986 seperti terlihat pada tabel 5.9 , 5.10 dan 5.11.

Tabel 5.9. Hasil hitungan lapis keras

Hasil perhitungan lapis keras	Analisa komponen 1987(cm)	AASHTO 1986 (cm)	Hasil lapangan (cm)
-lap. permukaan	15,0	13,0	15,0
-lap. pondasi	20,0	17,5	20,0
-lap. pondasi bawah	20,0	17,5	20,0

Tabel 5.10. Hasil hitungan lapis keras berdasarkan hasil test Marshal Test

Hasil perhitungan lapis keras	Analisa komponen 1987 (cm)	AASHTO 1986 (cm)	Hasil lapangan (cm)
-lap. permukaan	13,0	8,5	13,0
-lap. pondasi	20,0	17,5	20,0
-lap. pondasi bawah	20,0	13,0	20,0

Tabel 5.11. Hasil hitungan lapis keras penambahan (overlay)

Hasil perhitungan lapis keras	Analisa komponen 1987 (cm)	AASHTO 1986 (cm)	Hasil lapangan (cm)
-lap. tambahan	6,5	3,0	6,5
-lap. permukaan	15,0	13,0	15,0
-lap. pondasi	20,0	17,5	20,0
-lap. pondasi bawah	15,0	13,0	17,5

B. PEMBAHASAN

Umumnya yang seringkali dilakukan dalam menganalisis tebal perkerasan suatu jalan, menghitungnya kedalam dua metode atau lebih. Walaupun persoalan yang akan dihadapi sangatlah bersifat kondisional. Namun begitu, dengan menggunakan dua atau lebih metoda, perhitungan yang diberikan lebih menggambarkan hasil yang relatif benar.

Penentuan Tebal Perkerasan

Empat faktor yang sangat berpengaruh pada perencanaan tebal perkerasan lentur yaitu lalulintas (LHR), tanah dasar (*subgrade*), bahan perkerasan dan faktor regional.

Perencanaan tebal perkerasan direncanakan berdasarkan atas keempat faktor tersebut sehingga sesuai dengan tingkat pelayanan yang diharapkan selama umur rencana.

1. Lalulintas

a. Metode analisa komponen 1987 (Bina Marga)

Lalulintas yang lewat dikorelasikan terhadap beban standar sebesar 8160 kg (18 kip/80 KN) dengan suatu angka ekivalen. Angka ekivalen menurut Bina Marga tergantung hanya pada beban gandar dan jenis gandar tunggal atau ganda tanpa dipengaruhi oleh nilai indek tebal perkerasan (ITP).

b. Metode AASHTO 1986

Dalam meengkorelasikan beban gandar yang ada dengan beban standar 18 kip (8160 kg/80 KN) digunakan

angka ekivalen kumulatif 18-K ESAL angka kumulatif ini dipengaruhi oleh :

1. Faktor distribusi arah kendaraan dan lajur.
2. Faktor ekivalen kendaraan berdasarkan beban gandar dan jenis gandar kendaraan.
3. Structural Number (SN).
4. Indek Permukaan (Pt).
5. Angka pertumbuhan lalulintas berdasarkan umur perencanaan jalan dan persen pertumbuhan lalulintas.
6. Simpangan baku dan standar deviasi keseluruhan berdasarkan jenis klasifikasi jalan.
7. Koefisien kekuatan bahan.

2. Bahan Perkerasan

a. Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986

Bahan perkerasan lentur terdiri dari lapis permukaan beraspal dan unbound layer. Kedua metode tersebut menyatakan bahan kedalam koefisien kekuatan relatif (a).

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya bagi lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshal test untuk bahan dengan aspal, kuat tekan untuk bahan yang distabilitasikan dengan semen dan kapur, atau CBR untuk bahan lapis pondasi atau lapis pondasi bawah.

3. Tanah Dasar (Subgrade)

a. Metode Bina Marga 1987

Kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam Daya Dukung Tanah (DDT), penentuan nilai DDT dengan cara mengkorelasikan dengan nilai CBR subgrade.

b. Metoda AASHTO 1986

Kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam Modullus Resillien (Mr) . Penentuan Mr dengan menggalikan angka penetuan dari AASHTO yaitu 1500 dengan CBR tanah dasarnya.

4. Faktor Regional

a. Metode Bina Marga

Keadaan yang dipertimbangkan oleh Bina Marga untuk menentukan Faktor Regional antara lain bentuk alinemen (kelandaian dan tikungan), prosentase kendaraan berat serta iklim (banyak curah hujan yang terjadi). Faktor regional yang diambil oleh Bina Marga mirip dengan AASHTO yang telah disesuaikan dengan keadaan di Indonesia, hal ini dikarenakan rumus - rumus yang di pergunakan oleh Bina Marga diambil dari AASHTO Road Test. Semakin tinggi nilai FR yang ditetapkan di suatu tempat menggambarkan kondisi tempat tersebut relatif lebih buruk.

b. Metoda AASHTO 1986

Keadaan yang dipertimbangkan untuk faktor regional antara lain : topografi, kesamaan dengan lokasi jalan yang diadakan oleh AASHTO test, kondisi lingkungan, faktor drainasi, adanya pengaruh pen-

gembangan tanah (*swelling*) terhadap daya dukung tanah yang dipengaruhi oleh nilai indek plastisitas tanah dasar, perbedaan musim dan temperatur.

Nilai indek permukaan akibat dari kondisi lingkungan dan sifat material yang digunakan. Besarnya penurunan indek permukaan akibat pengembangan (*swelling*) dipengaruhi oleh tingkat pengembangan (*swell Ratio Constan*), kemungkinan pengembangan (swell probability) dan besarnya potensi merembes keatas (*potential vertikal rise*) yang dipergunakan untuk menetukan besarnya nilai indek permukaan (PSI) akibat pengembangan.

Pada perhitungan analisis tebal lapis keras dengan menggunakan dua metoda, yaitu pada perhitungan pada bab-bab sebelumnya terdapat beberapa perbedaan dan persamaan pada perhitungan kedua metoda diatas. Perbedaan dan peersamaan ini disebabkan karena adanya perbedaan kondisi setempat pada masing-masing negara, terutama untuk perhitungan dengan metoda Bina Marga 1987 banyak mengacu pada perhitungan dengan metoda AAHSTO 1986.

Persamaan dan perbedaan pada perhitungan kedua metoda tersebut seperti terlihat pada tabel 5.12.

Berdasarkan hasil analisis pada perhitungan tebal perkerasan pada masing-masing lapis maka pada perhitungan metoda Bina Marga hasilnya lebih besar dari pada AASHTO, yaitu 15 cm untuk Bina Marga dan 13 cm untuk AASHTO untuk masing-masing pada lapis permukaan (tabel 5.9 samapi

5.11). Hal tersebut bisa terjadi karena letak dan kondisi tiap negara adalah berbeda-beda sehingga bahan perkerasan dan iklim pada negara tersebut berbeda-beda. Pada perhitungan ini Bina Marga banyak mengacu pada perhitungan AASHTO 1986.

Tabel 5.12. Perbedaan pada perhitungan lapis keras dengan menggunakan metode AASHTO 1986 dan metode Bina Marga 1987

Uraian	Bina Marga 1987	AASHTO 1986
1.Parameter daya dukung tanah (DDT)	Dikonversikan terhadap nilai CBR	Dinyatakan dalam modulus Resillien (MR) yang dapat diperoleh dengan pemerik - saan AASTHO T 274 atau korelasi dengan CBR
2.Kondisi ling - kungan	Dinyatakan dengan besarnya nilai Faktor Regional (FR)	Dipengaruhi oleh besarnya pengembangan tanah (sweel) yang diperoleh dengan rumus PSIswell = 0,00335.Vr.Ps. $(1-e^{\phi t})$
3.Lintas ekivalen selama umur rencana	Ditentukan berdasarkan besarnya nilai : -LEP, LEA, LET, LER	Dengan menggunakan rumus : $W_{18t} = D_D \times D_L \times W_{18}$
4.Parameter lain yang tidak terdapat pada metoda Bina Marga	-	-Reliabilitas -Simpangan Baku keseluruhan -faktor distribusi jalur -kualitas drainasi
5.Nilai indek tebal perkerasan	$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$	$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$

Sedangkan persamaan metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986 pada perhitungan lapis keras adalah :

1. Koefisien kekuatan relatif bahan ditentukan berdasarkan hasil test laboratorium.
2. Kondisi lingkungan masins-masing negara sangat berpengaruh terhadap umur rencana jalan.
3. Koefisien distribusi kendaraan pada kedua perhitungan tersebut untuk jalan lingkar utara adalah 0,5.
4. Kondisi pisik jalan ditentukan dengan besarnya nilai indek permukaan (IP).
5. Beban gandar masing-masing kendaraan dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP) sebesar 18 kip.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari uarain pembahasan dan hasil hitungan tebal lapis keras pada bab sebelumnya, dapat didiambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Kapasitas suatu jalan raya dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : lebar jalan, kebebasan samping, banyaknya kendaraan berat melalui jalan tersebut, kecepatan kendaran dan pemisalan jalan menurut arah lalulintas.
2. Semakin tinggi tingkat pelayanan yang dituntut oleh pemakai jalan maka akan semakin rendah kapasitas jalan tersebut atau semakin tinggi tingkat pelayanan yang dituntut oleh pemakai jalan maka jumlah kendaraan yang dapat di tampung oleh jalan menjadi semakin sedikit.
3. Prosedur perancangan tebal lapis keras meotode analisa komponen dari Bina Marga tahun 1987 banyak mengikuti perancangan dari AASHTO tahun 1986, hasil dari penelitiannya di Illionis, Amerika Serikat bulan Oktober 1958.
4. Dari hasil perhitungan, nilai ketebalan lapis permukaan dari Bina Marga lebih besar dari AASHTO, yaitu 15 cm untuk Bina Marga dan 13 cm untuk AASHTO.
5. Perbedaan hasil dalam perhitungan tidaklah menentukan salah satu metode lebih baik dari metode lainnya. Hal ini dapat dipahami bahwa memang kondisi lapangan dan

bahan yang tersedia antara Indonesia dan Amerika Serikat sangat berbeda. Oleh karenanya, perbedaan hasil tersebut menunjukkan langsung bahwa telah ada penyesuaian metode perancangan dari Bina Marga atas metode rujukan dari AASHTO. Artinya kalau memang terdapat perbedaan hasil perhitungan antara keduanya maka memang demikianlah kenyataannya.

6. Perbedaan tersebut dapat pula disebabkan oleh kelelahan dalam menentukan nilai hasil pengamatan pada skala nomogram.
7. Akan tetapi secara praktis di lapangan hasil perhitungan kedua metode tersebut dapat dikatakan relatif sama, terpaut 2 cm saja. Walaupun hasil perhitungan kedua metode tersebut telah dilakukan pembulatan. Akan tetapi pembulatan tersebut bukanlah rekayasa/ manipulasi nilai yang berpengaruh pada pembiayaan, melainkan pertimbangan kemudahan dalam pengerjaan di lapangan semata.

B. SARAN

Dari beberapa hasil kesimpulan diatas, peneliti mencoba untuk memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Segala yang mempengaruhi dan menentukan kegiatan perancangan perkerasan hendaklah dicermati secara benar dan teliti.
2. Sebagai negara tropis yang mengenal hanya dua musim saja, Penyesuaian faktor regional selayaknya untuk

di perhatikan lagi. Bagaimanapun juga kebenaran yang pernah dilakukan pada penelitian oleh AASHTO, karakteristik iklim di Illionis jauh berbeda dengan iklim di Indonesia. Begitu pula dengan jenis bahan perkerasan yang ada dan yang lazim digunakan dikedua negara tidaklah sama, perlu dipentingkan untuk diperhatikan.

3. Perlu meningkatkan kerja sama dengan instansi terkait, Dinas Lalulintas dan Angkutan Jalan Raya (DLLAJR) dan kepolisian yang bertanggung jawab atas perizinan suatu kendaraan berat dengan bobot tertentu melintasi suatu jalan. Yaitu meneliti variasi sumbu kendaraan dan bobotnya dengan alat portable.
4. Mengupayakan pengarahan kepada pemakai jalan dan pemilik kendaraan berat untuk tetap konsisten pada bobot kendaraan maksimum yang telah ditetapkan.
6. Untuk menghindari kesalahan dalam merancang, faktor non teknis perancang harus diperhatikan. Agar ketepatan membaca skala nomogram dapat diterima kebenarannya.
7. Perlu diadakanya penghitungan kembali lalulintas (*traffic counting*) yang melalui jalan Arteri Lingkar Utara setiap tahun untuk mengetahui LHR yang aktual, sehingga dapat diketahui tingkat pelayanan yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO 1986, AASHTO Interim Guide for Design Of Pavement Structur. Washington, D.C.

2. Buku Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya 'Dengan Metode Analisa Komponen. SKBI - 2.3.26.1987, UDC : 625.73 (02). No:378/kpts/1987. Jakarta : DPU, 1987.

3. Croney, D. London 1977, The Design and Performance Of Road Pavement .

4. Pedoman penentuan lentur Jalan raya. No : 04/PD/BM/1983. Jakarta : DPU, 1983.

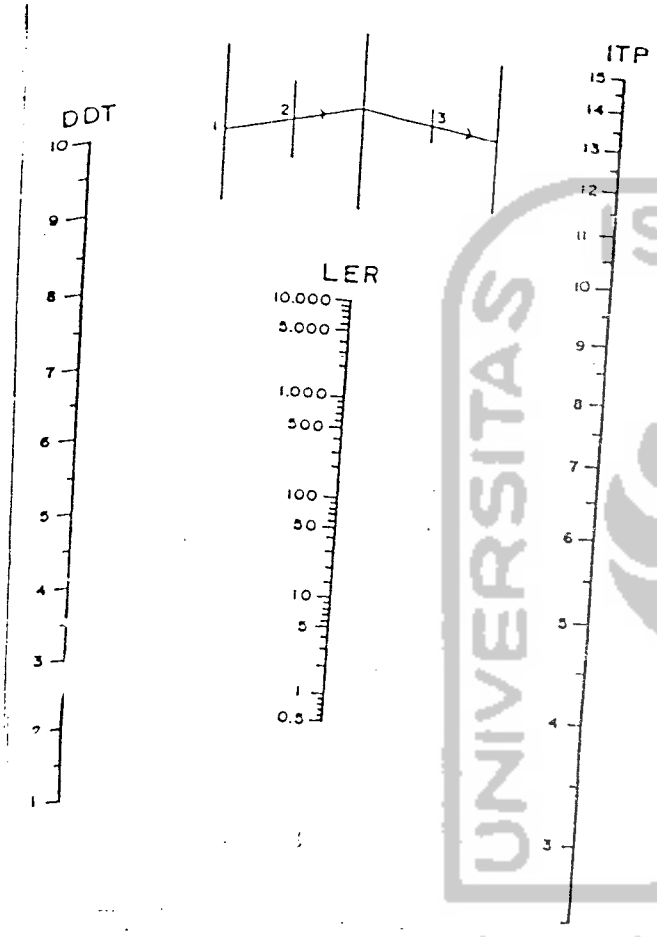
5. Peraturan Perencanaan Geometrik jalan Raya, 1970 No : 03/1970. Jakarta : DPU dan Tenaga Listrik.

6. Sukirman, Silvia, Nova 1992, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Bandung.

7. Sudarsono, D.U, Ir. 1978, Berbagai Macam Metode Perhitungan Tebal Lapis-Lapis konstruksi Perkerasan Jalan Yang Lentur Pada Jalan Raya Dan Jalan Kerja. Jakarta DPU .

8. SNI. Bidang Pekerjaan Umum : Perkerasan Jalan. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum, c.q. Ditjen Bina Marga 1990.

9. Witczak, M.W. and E.J. Yoder 1975, Principles of Pavement Design. A Wiley Interscience Publication. New York. London. Sydney. Toronto : John Wiley and SONS, INC.

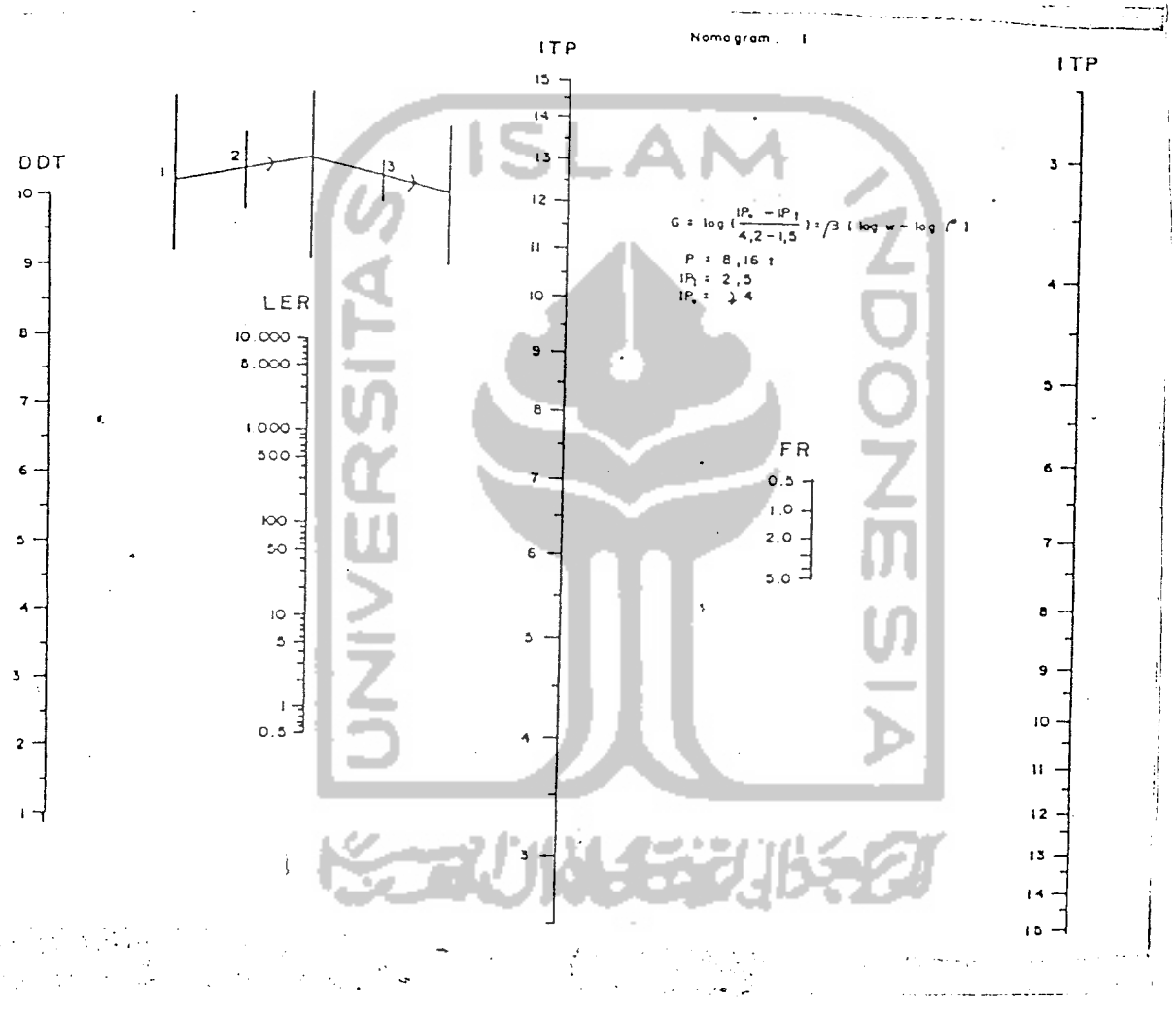


Gambar Nomogram ITP, IPt = ;

Sumber : Bina Marga 1987.

LAMPIRAN

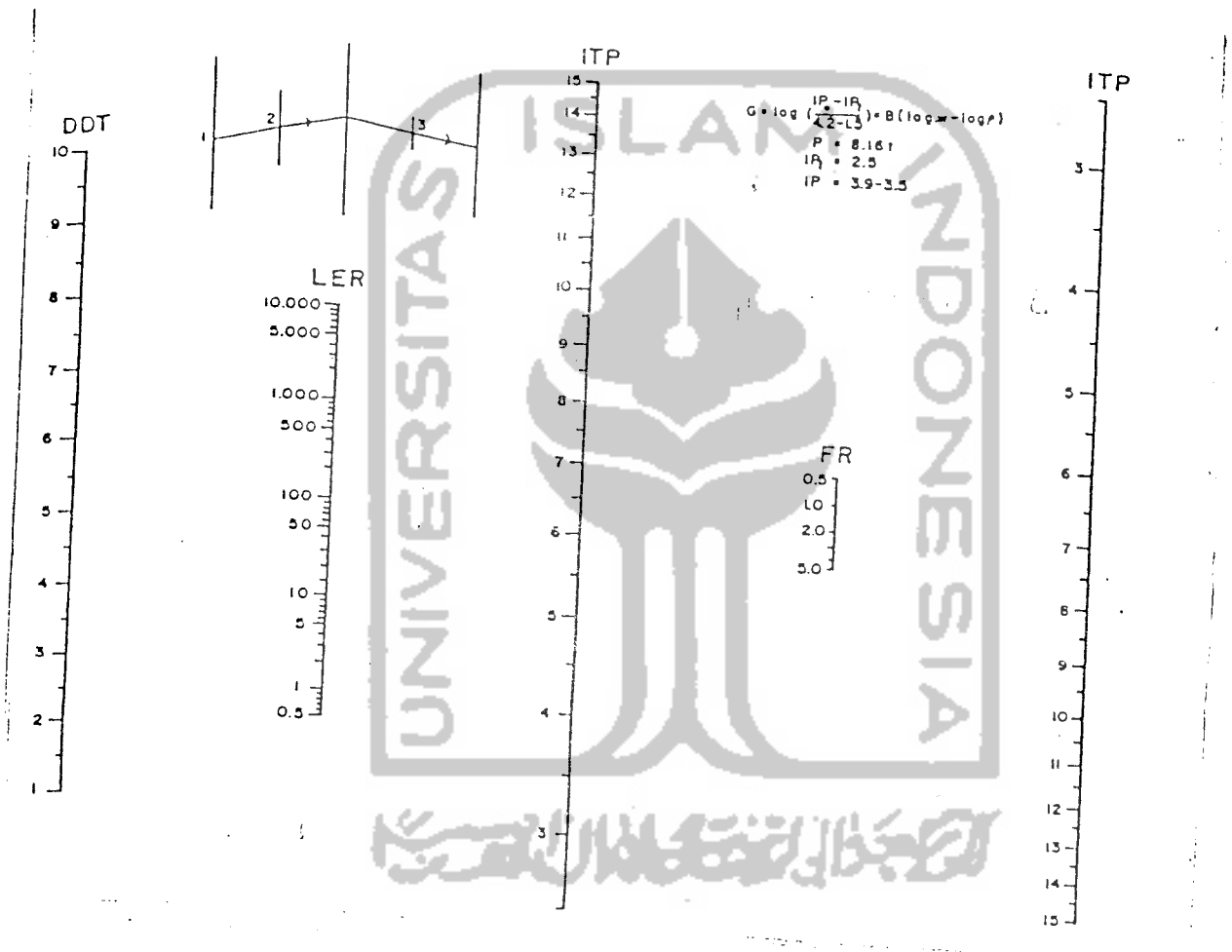
LAMPIRAN 1



Gambar Nomogram ITP, IPt = 2,5 dan IPo ≥ 4

Sumber : Bina Marga 1987.

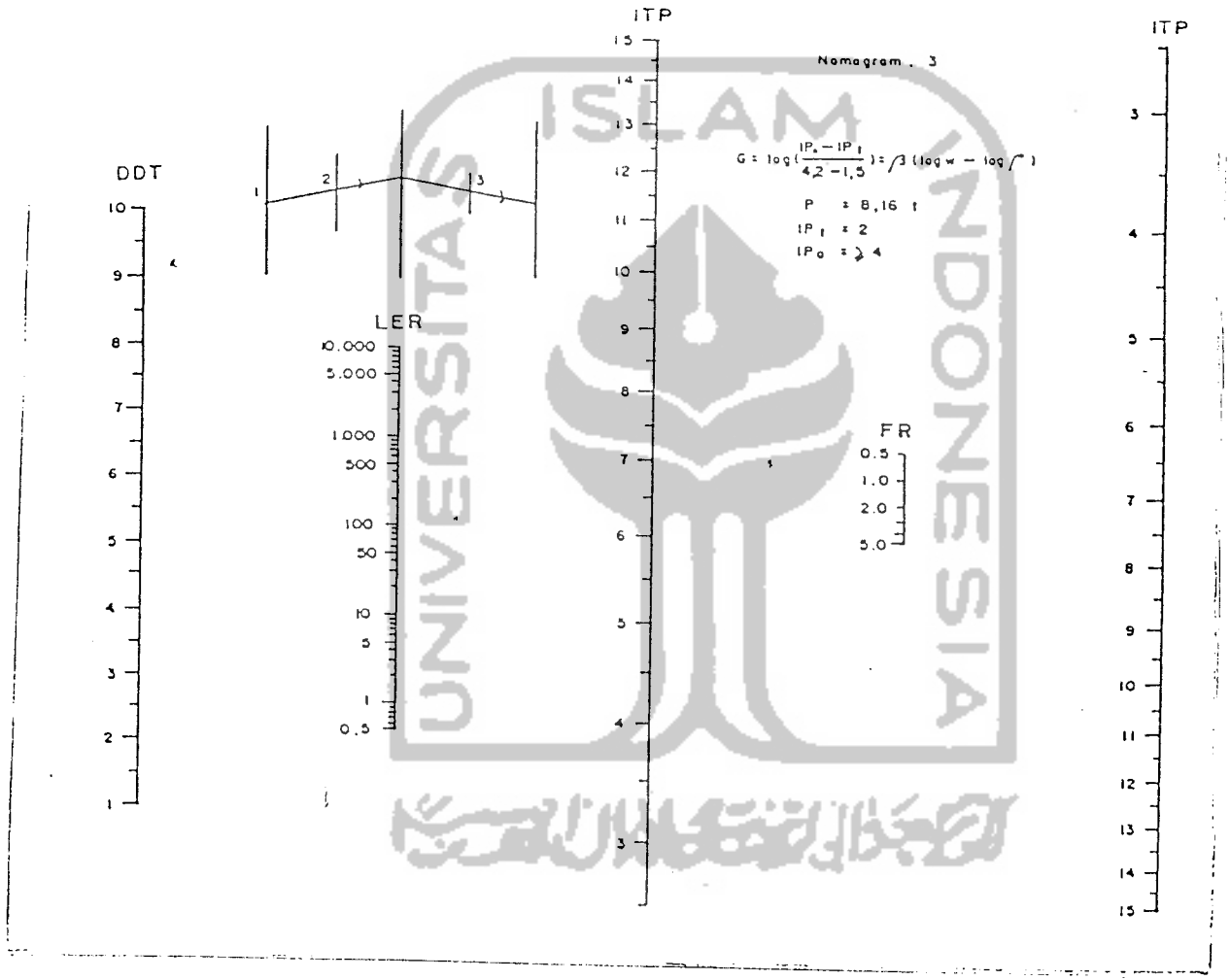
LAMPIRAN 2



Gambar Nomogram ITP, IPt = 2,5 dan IPo = 3,9 - 3,5

Sumber : Bina Marga 1987.

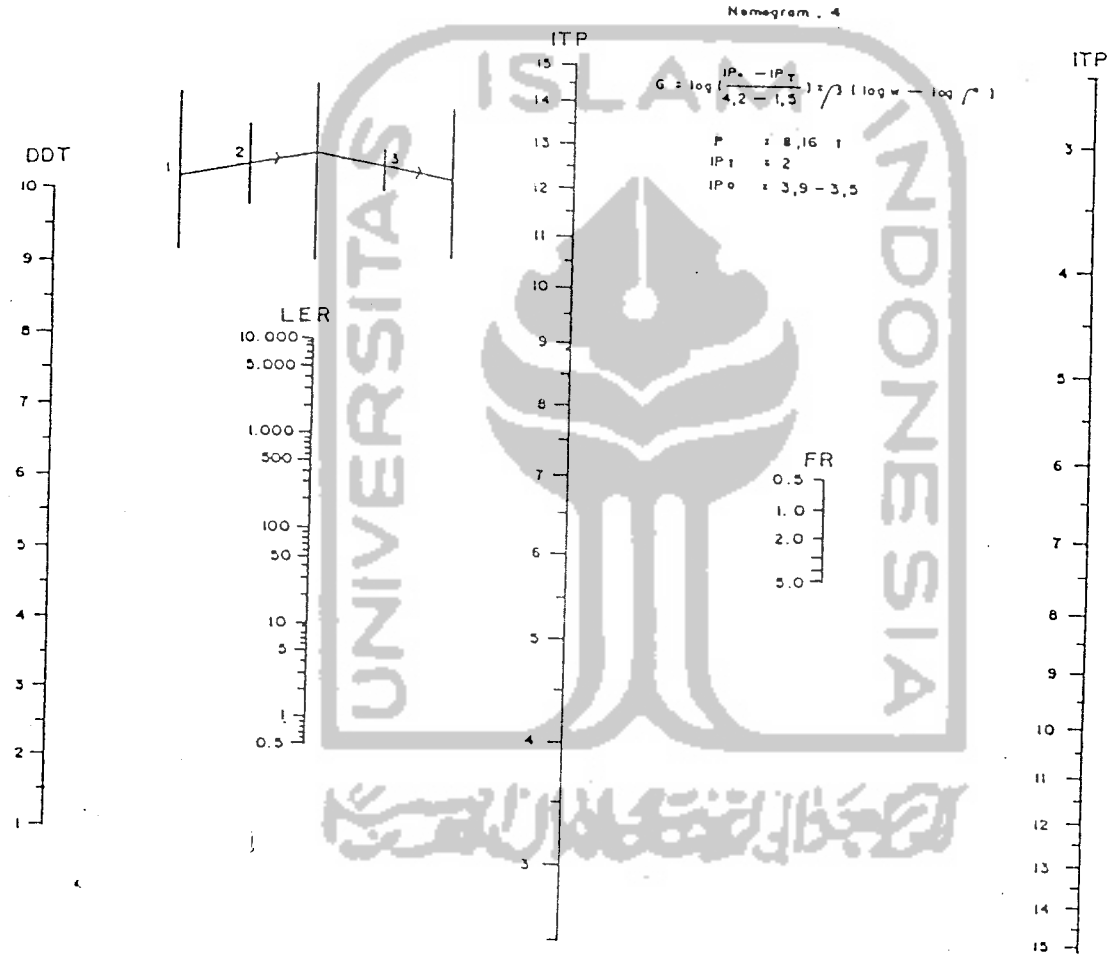
LAMPIRAN 3



Gambar Nomogram ITP, IPt = 2,0 dan IPo ≥ 4

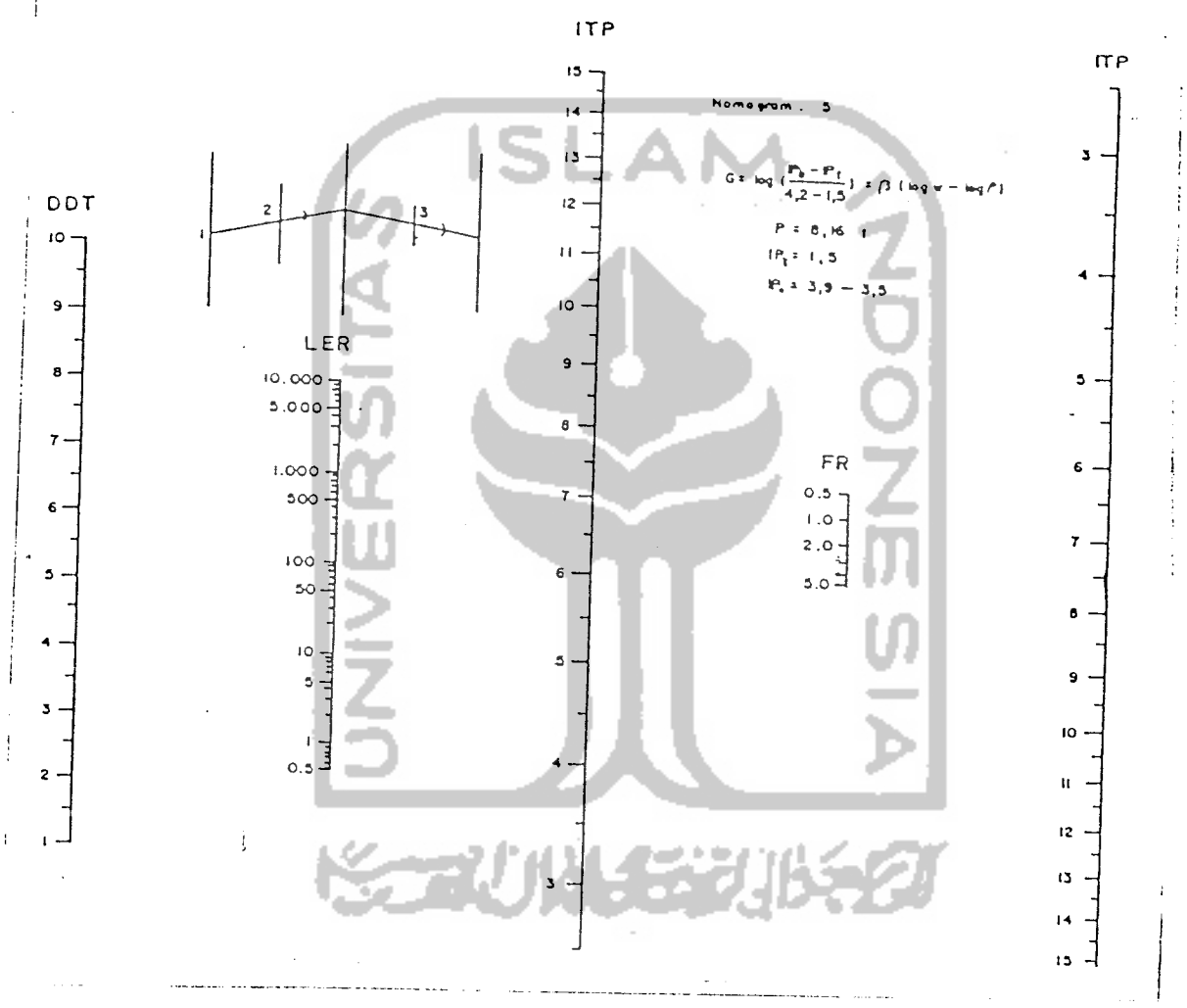
Sumber : Bina Marga 1987.

LAMPIRAN 4



Gambar Nomogram ITP, IPt = 2,0 dan IPo = 3,9 - 3,5

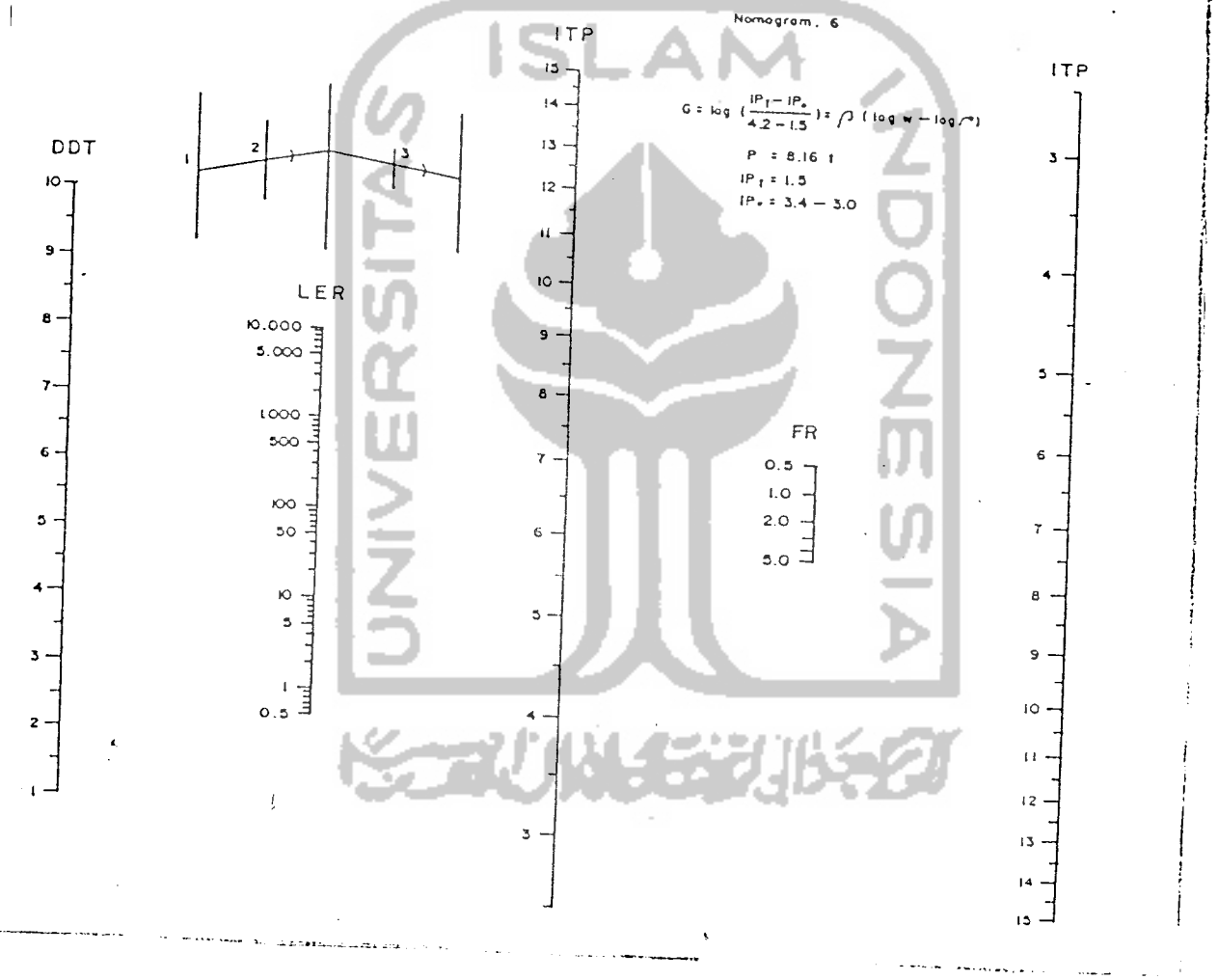
Sumber : Bina Marga 1987.



Gambar Nomogram ITP, IPt = 1,5 dan IPo = 3,9 - 3,5

Sumber : Bina Marga 1987.

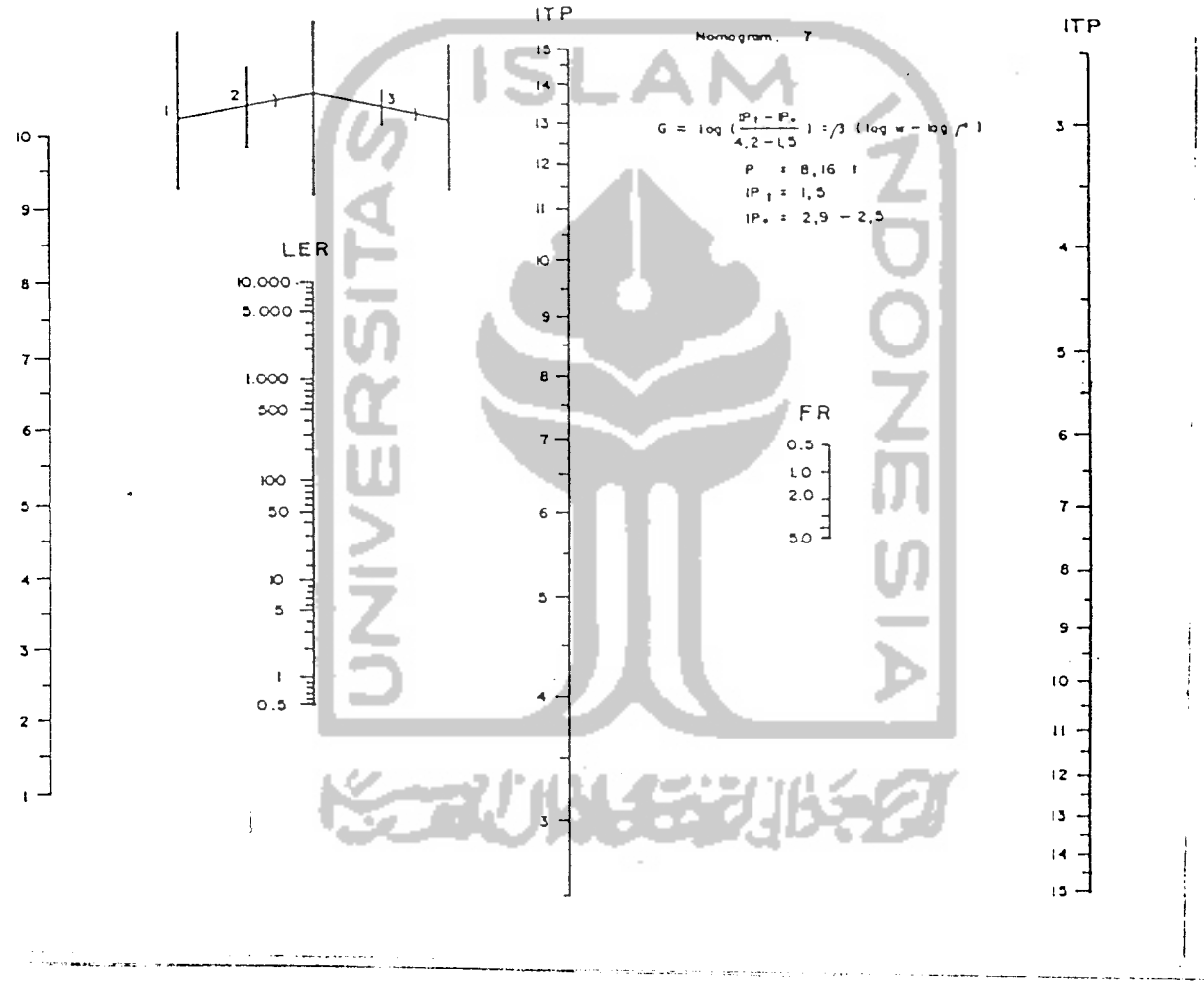
LAMPIRAN 6



Gambar Nomogram ITP, IPt = 1,5 dan IPo = 3,4 - 3,0

Sumber : Bina Marga 1987.

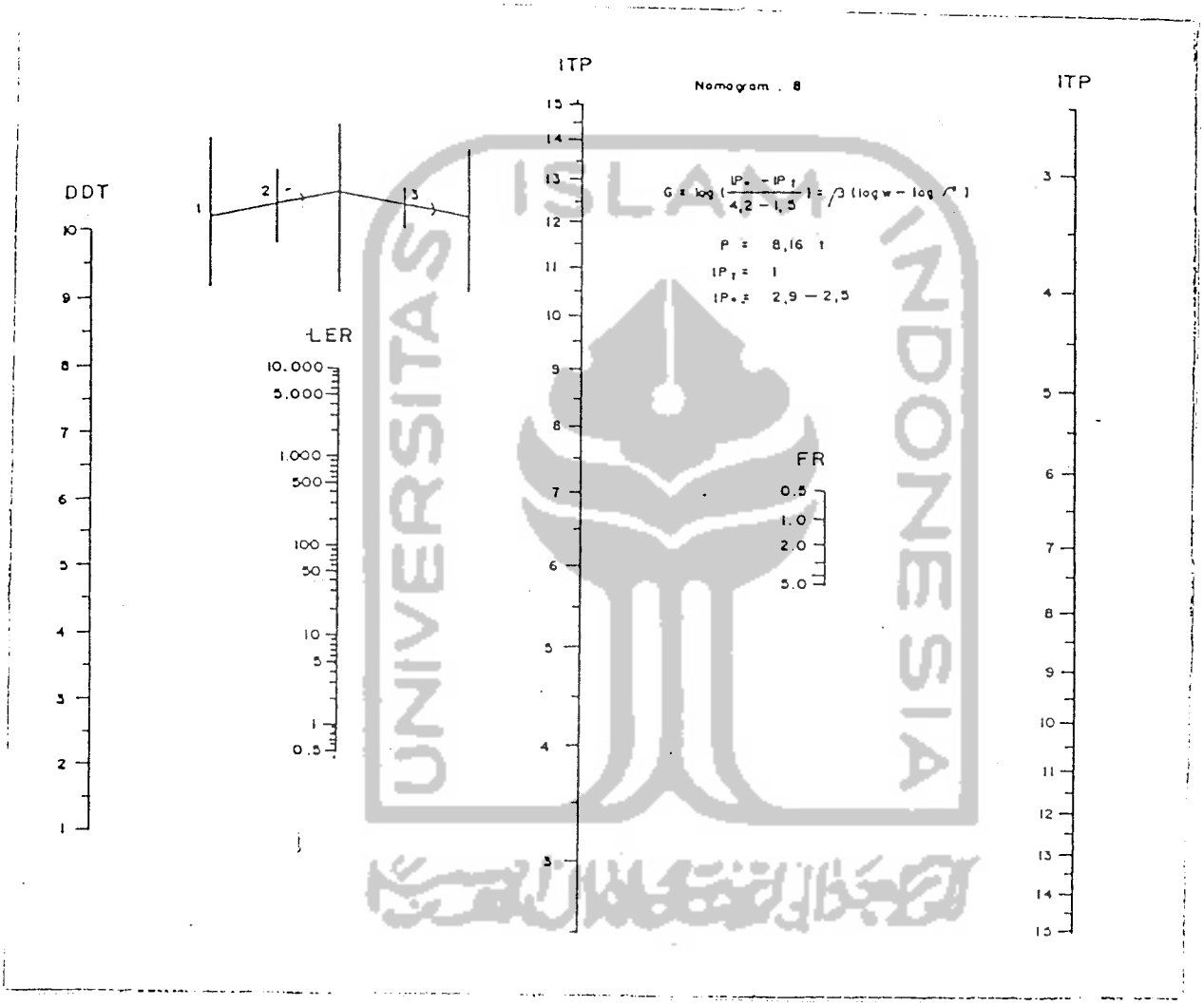
LAMPIRAN 7



Gambar Nomogram ITP, IPt = 1,5 dan IPo = 2,9 - 2,5

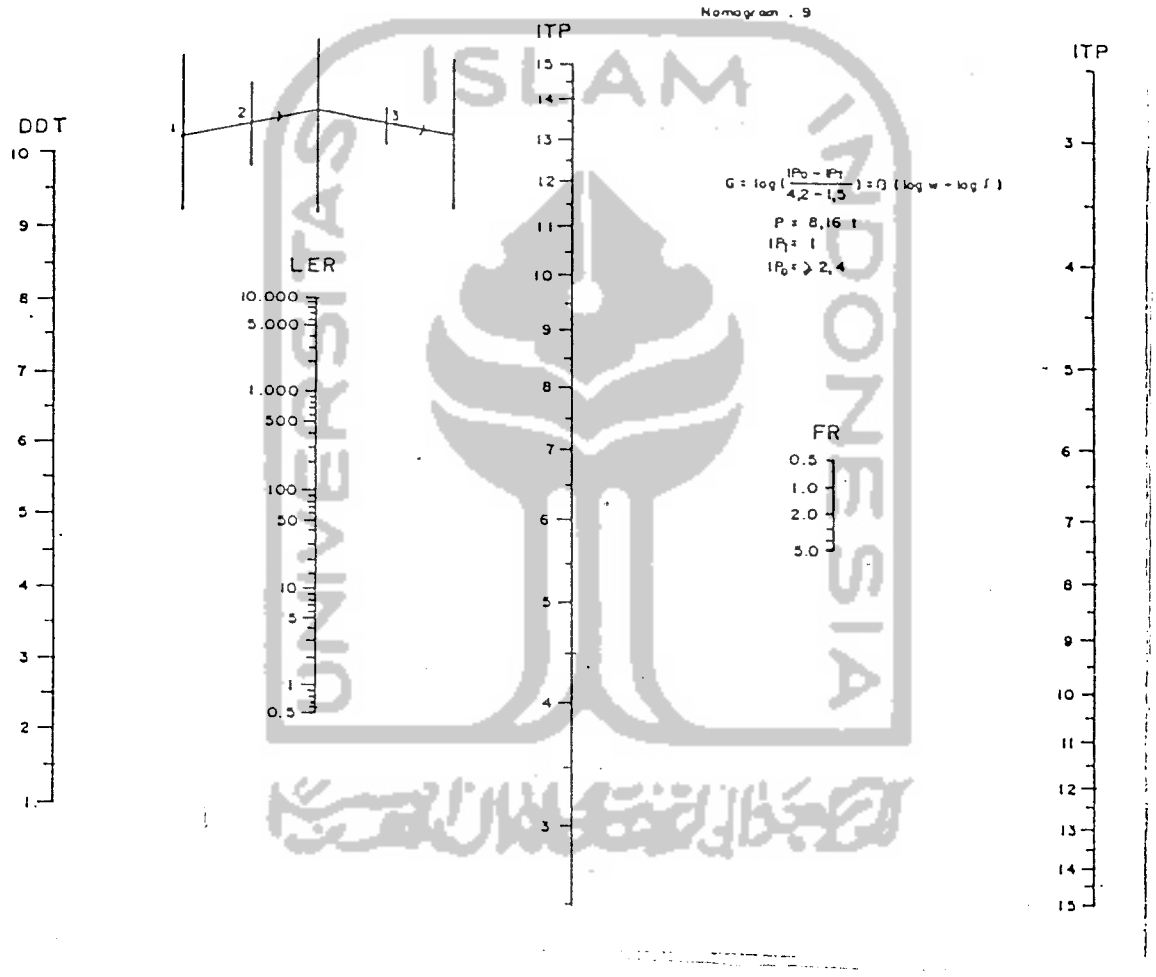
Sumber : Bina Marga 1987.

LAMPIRAN 8



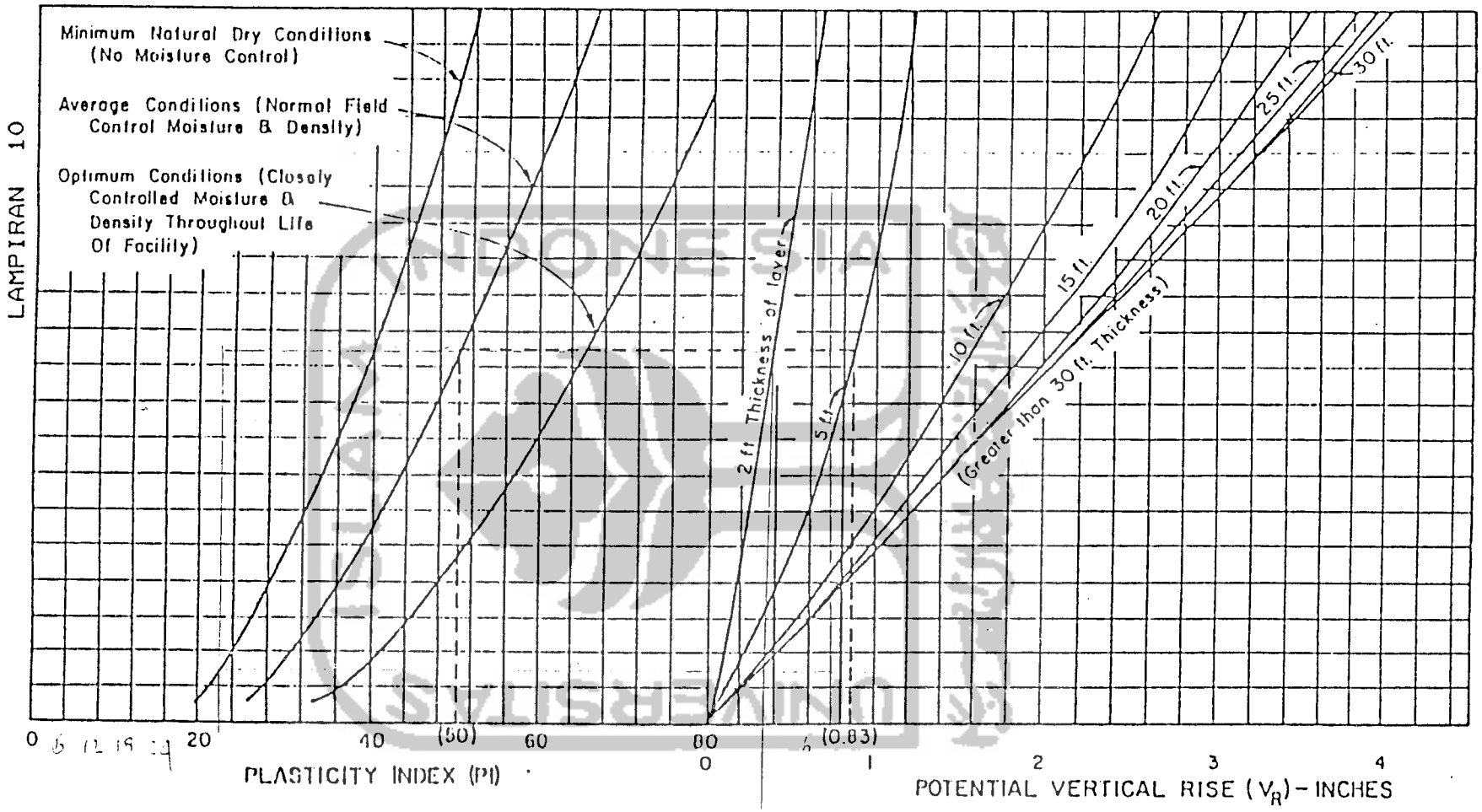
Gambar Nomogram ITP, IPt = 1,0 dan IPo = 2,9 - 2,5

Sumber : Bina Marga 1987.



Gambar Nomogram ITP, IPt = 1,0 dan IPo ≥ 2,4

Sumber : Bina Marga 1987.



NOTES:

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

Figure G.3. Chart for estimating the approximate potential vertical rise of natural soils, Part II (2).

LAMPIRAN 11

Table D.20. Traffic growth factors*.

Analysis Period Years (n)	Annual Growth Rate, Percent (g)							
	No Growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	154.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

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

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

LAMPIRAN 12

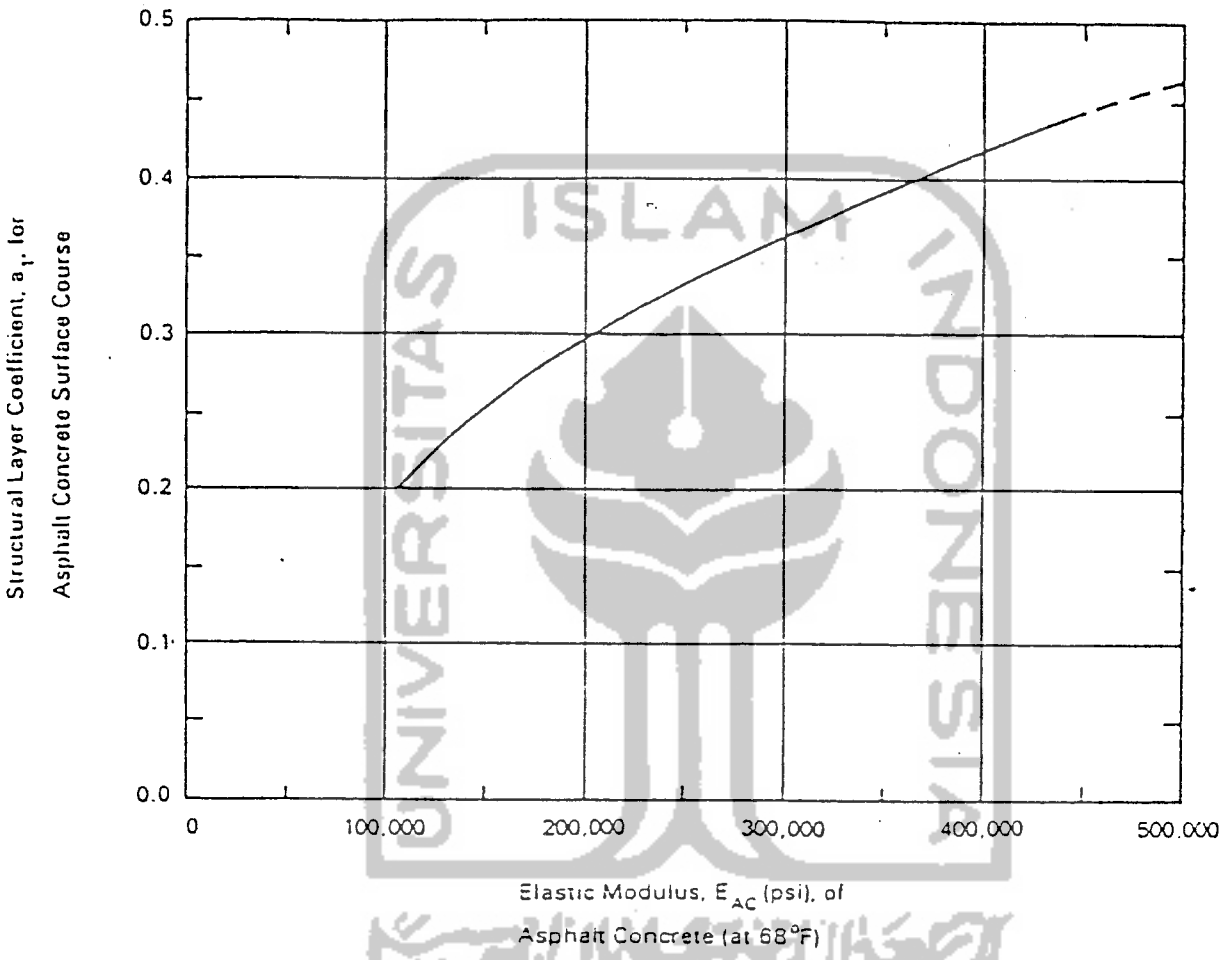
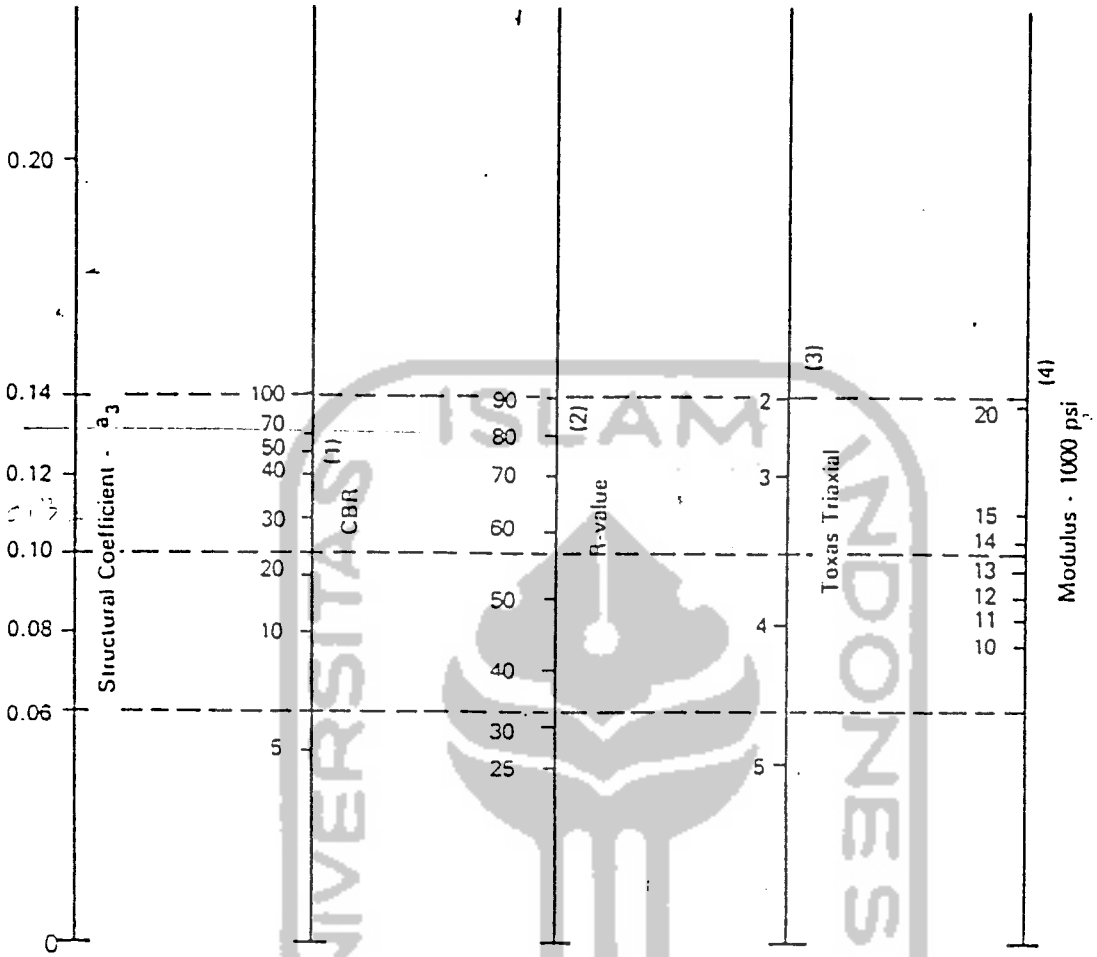


Figure 2.5. Chart for estimating structural layer coefficient of dense-graded asphalt concrete based on the elastic (resilient) modulus (3).



(1) Scale derived from correlations from Illinois.

(2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming.

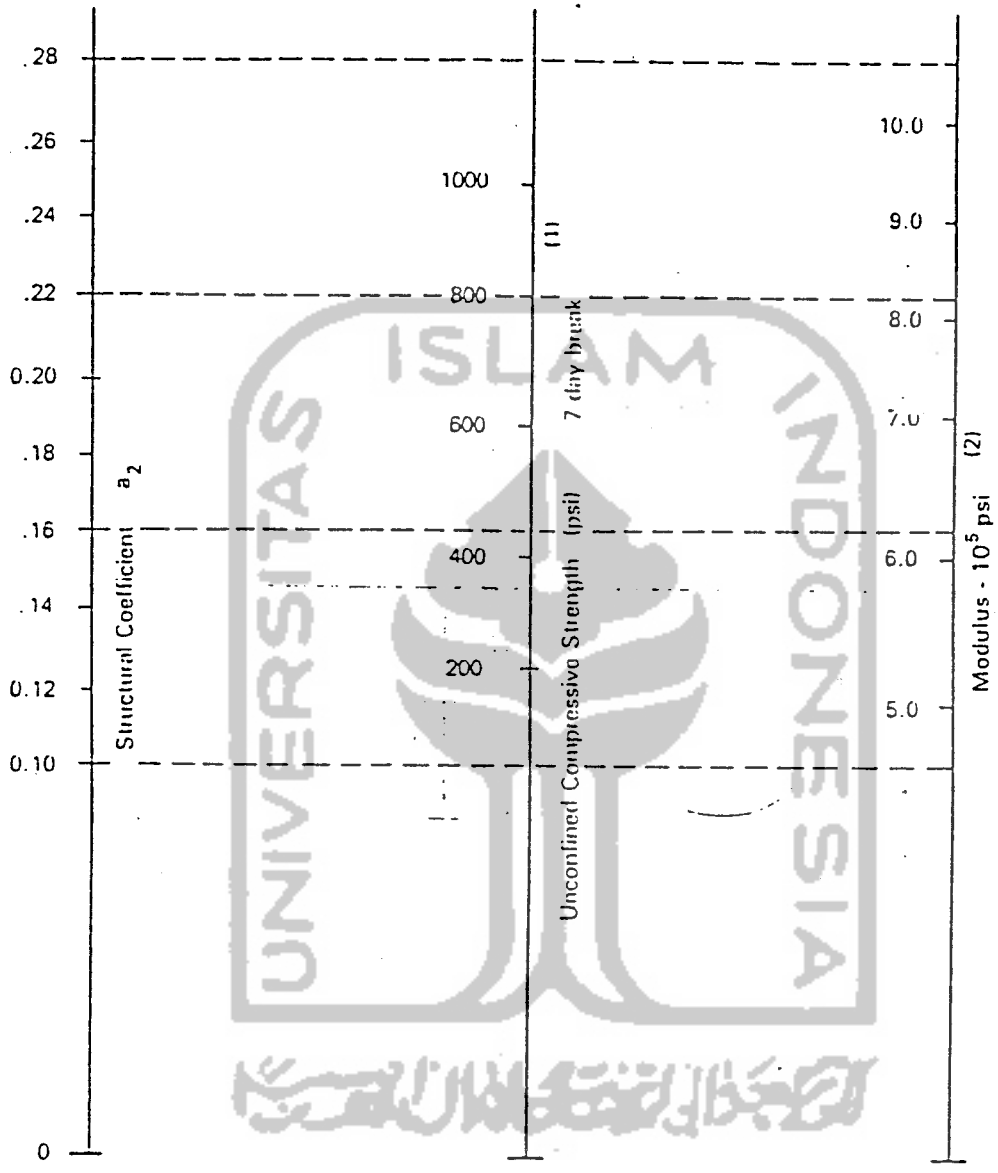
(3) Scale derived from correlations obtained from Texas.

(4) Scale derived on NCHRP project *(3)*.

Figure 2.7. Variation in granular subbase layer coefficient (a_3) with various subbase strength parameters *(3)*.

Perpustakaan
Universitas Islam Bandung
Jl. Tamansari 24
BANDUNG

LAMPIRAN 14



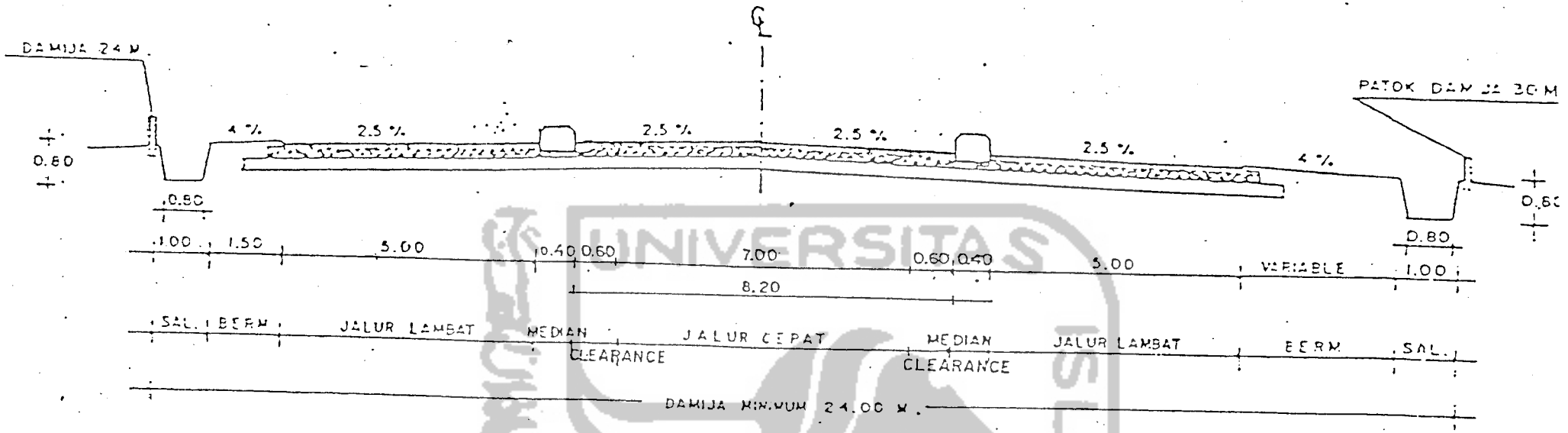
(1) Scale derived by averaging correlations from Illinois, Louisiana and Texas.

(2) Scale derived on NCHRP project (3).

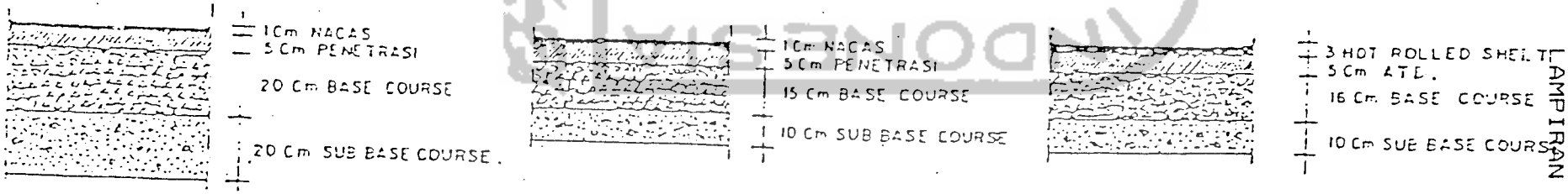
Figure 2.8. Variation in a for cement-treated bases with base strength parameter (3).

TYPICAL CROSS SECTION

JALAN ARTERI YOGYAKARTA.



KONSTRUKSI PERKERASAN JALAN.



1. JALUR LAMBAT STA. 0+000 — 2+900. 2. JALUR LAMBAT STA. 2+900 — 10+000. 3. JALUR CEPAT.

LAMPIRAN 17

L.15.3.

LAMPIRAN 12

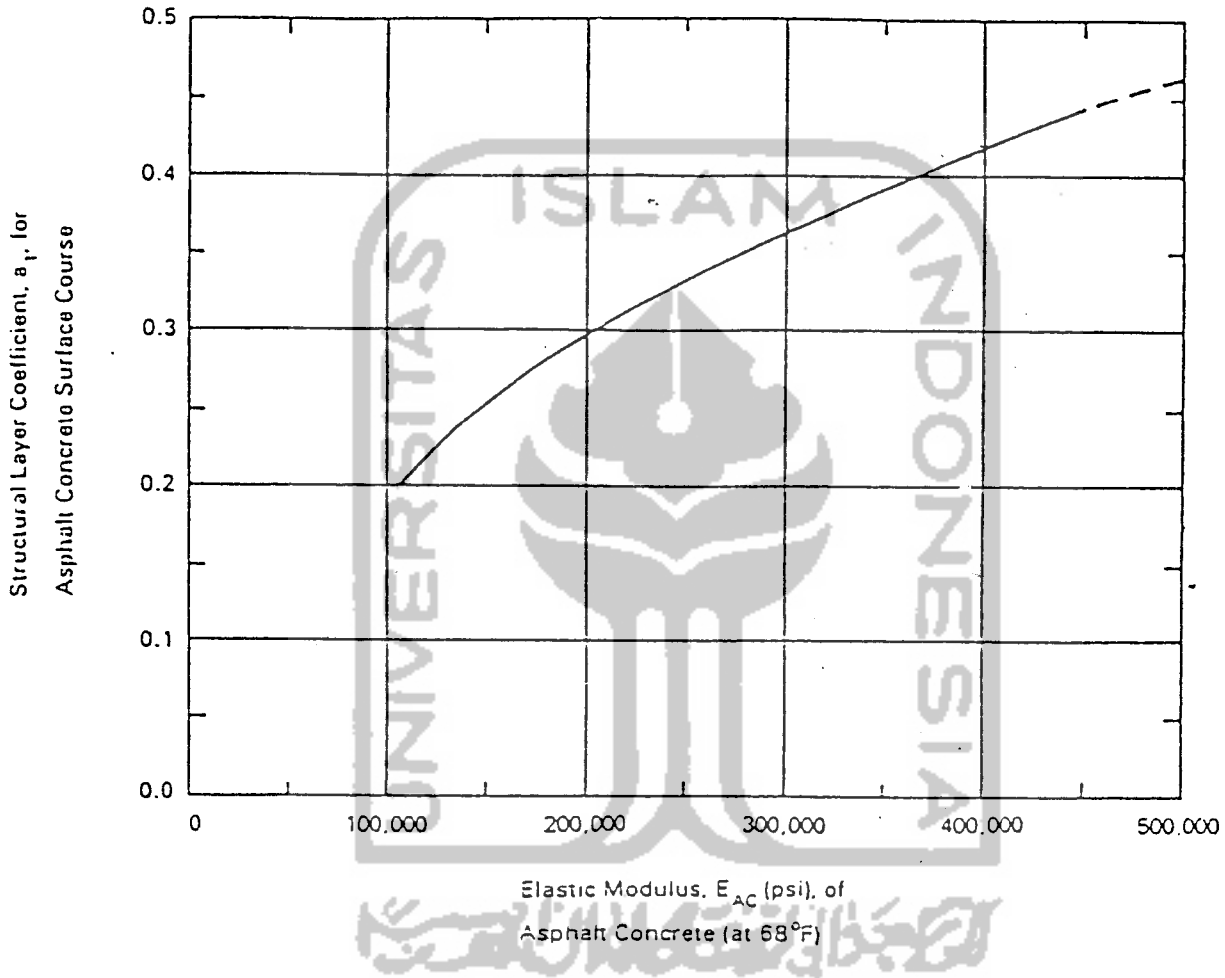


Figure 2.5. Chart for estimating structural layer coefficient of dense-graded asphalt concrete based on the elastic (resilient) modulus (3).