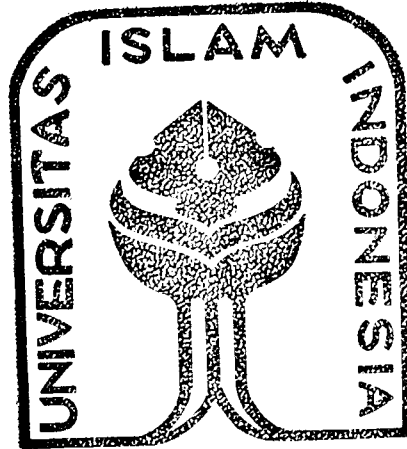
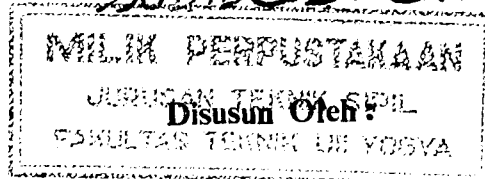


TUGAS AKHIR

**TINJAUAN BIAYA KONSTRUKSI TERHADAP TEBAL LAPIS KERAS
JALAN RAYA MENURUT METODA BINA MARGA 1987, U.S.
ARMY CORPS of ENGINEERS DAN SHELL 1978**



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية



IMAM WIDODO

No Mhs. : 88 310 183

NIRM : 885014330159

FATINA ARDI

No. Mhs. : 88 310 011

NIRM : 88501430011

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

1994

TUGAS AKHIR

**TINJAUAN BIAYA KONSTRUKSI TERHADAP TEBAL LAPIS KERAS
JALAN RAYA MENURUT METODA BINA MARGA 1987, U.S.
ARMY CORPS of ENGINEERS DAN SHELL 1978**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

Disusun Oleh :

IMAM WIDODO

No Mhs. : 88 310 183

NIRM : 885014330159

FATINA ARDI

No. Mhs. : 88 310 011

NIRM : 88501430011

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

1994

ii

san

aan

tu

ir

an

un

h

n

g

u

l

h

TUGAS AKHIR

**TINJAUAN BIAYA KONSTRUKSI TERHADAP TEBAL LAPIS KERAS
JALAN RAYA MENURUT METODA BINA MARGA 1987, U.S.
ARMY CORPS of ENGINEERS DAN SHELL 1978**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

Disusun Oleh :

IMAM WIDODO

No Mhs. : 88 310 183

NIRM : 885014330159

FATINA ARDI

No. Mhs. : 88 310 011

NIRM : 88501430011

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

1994

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puja dan puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah Subhanahuwata'ala, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang diberi judul "Tinjauan Biaya Konstruksi Terhadap Tebal Lapis Keras Jalan Raya Menurut Metoda Bina Marga 1987, U.S Army Corps of Engineers dan Shell 1978".

Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan akademik dalam rangka memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Atas bimbingan dan pengarahan dari Team Pembimbing Tugas Akhir ini serta berkat dorongan dan bantuan dari berbagai pihak, baik moril maupun materil maka dalam kesempatan ini pula penyusun menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. H. Wardhani Sartono, MSc, selaku Pembimbing I Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. H. Balya Umar, MSc, selaku Pembimbing II Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. H. Zaini Dahlan, MA, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Kedua orang tua, serta semua saudara yang telah membantu dengan doa dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga amal kebaikan yang diberikan kepada penyusun mendapatkan imbalan pahala yang setimpal dari Allah Subhanahuwata'ala, Amin.

Walaupun Tugas Akhir ini telah selesai namun penyusun menyadari hasilnya masih jauh dari kesempurnaan yang diharapkan, hal ini disebabkan oleh keterbatasan ilmu yang penyusun miliki. Atas segala kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun senantiasa menerima kritik dan saran dengan senang hati serta menerima petunjuk dan saran untuk perbaikannya.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penyusun khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 21 September 1994

Penyusun

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN | ix |
| INTISARI | x |
| | |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Batasan Masalah | 2 |
| C. Tujuan Penelitian | 3 |
| D. Metodologi | 3 |
| E. Alasan Pemilihan Judul | 4 |
| | |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| A. Jenis Perkerasan | 6 |
| 1. Perkerasan Lentur (" <i>Flexible Pavement</i> ") | 6 |
| 2. Perkerasan Tegar (" <i>Rigid Pavement</i> ") | 9 |
| B. Syarat-syarat Perkerasan | 9 |
| | |
| BAB III. LANDASAN TEORI | 11 |
| A. Unsur-unsur Pokok Perancangan Tebal Perkerasan | 11 |

| | |
|---|----|
| 1. Umur Rencana | 11 |
| 2. Lalulintas | 12 |
| 3. Tanah Dasar | 17 |
| 4. Kondisi Lingkungan | 18 |
| B. Perancangan Tebal Perkerasan Dengan Me - toda Bina Marga 1987 | 18 |
| 1. Lalulintas | 18 |
| 2. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR | 22 |
| 3. Indek Permukaan (IP) | 22 |
| 4. Faktor Regional (FR) | 25 |
| 5. Koefisien Kekuatan Relatif (a) | 26 |
| 6. Penentuan Tebal Perkerasan | 27 |
| 7. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan | 29 |
| C. Perancangan Tebal Perkerasan Dengan Me - toda U.S ARMY CORPS of Engineers | 30 |
| 1. Analisa Lalulintas | 30 |
| 2. Menentukan Masa Rencana Jalan | 31 |
| 3. Initial Traffic Number (ITN) | 31 |
| 4. Perhitungan Ekuivalen Operasi (OE) .. | 32 |
| 5. Perhitungan Tebal Perkerasan | 32 |
| D. Perancangan Tebal Perkerasan Dengan Me - toda SHELL 1978 | 39 |
| 1. Tanah Dasar | 39 |
| 2. Lalulintas | 39 |
| 3. Material Berbutir | 44 |
| 4. Lapis Permukaan Beraspal | 45 |

| | |
|---|--------|
| 5. Faktor Regional | 53 |
| BAB IV. CARA ANALISIS | 57 |
| A. Data Perhitungan | 57 |
| 1. Lalulintas | 57 |
| 2. Tanah Dasar | 57 |
| 3. Faktor Regional | 58 |
| 4. Lapis Material Berbutir | 58 |
| 5. Lapis Aspal | 58 |
| B. Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Me - toda Bina Marga 1987 | 59 |
| C. Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Me - toda U.S ARMY CORPS of Engineers | 61 |
| D. Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Me - toda SHELL 1978 | 64 |
| 1. Tanah Dasar | 64 |
| 2. Lalulintas | 64 |
| 3. Material Berbutir | 65 |
| 4. Lapis Permukaan Beraspal | 65 |
| 5. Faktor Regional | 66 |
| 6. Pemilihan Grafik Penentuan Tebal Per- kerasan | 67 |
| E. Perbandingan Tebal Perkerasan | 68 |
| F. Perbandingan Biaya Konstruksi | 68 |
| 1. Analisa Harga Bina Marga 1987 | 69 |
| 2. Analisa Harga U.S ARMY | 69 |
| 3. Analisa Harga SHELL 1978 | 69 |

| | | |
|--------|--|----|
| BAB | V. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 71 |
| | A. Perbandingan Teori | 71 |
| | 1. Lalulintas | 71 |
| | 2. Tanah Dasar | 72 |
| | 3. Faktor Regional | 73 |
| | B. Perbandingan Tebal Perkerasan | 74 |
| | C. Perbandingan Biaya Konstruksi | 74 |
| | | |
| BAB | VI. KESIMPULAN DAN SARAN | 76 |
| | A. Kesimpulan | 76 |
| | B. Saran | 77 |
| | | |
| BAB | VII. PENUTUP | 78 |
| | | |
| DAFTAR | PUSTAKA | 79 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 2.1. Susunan Lapis Perkerasan Lentur | 6 |
| 3.1. Korelasi DDT dan CBR | 23 |
| 3.2. Faktor Operasi Ekuivalen Dalam Beban Gandar .. | 36 |
| 3.3. Faktor Operasi Ekuivalen Dalam Berat Kotor .. | 37 |
| 3.4. Grafik Penentuan Tebal Perkerasan | 38 |
| 3.5. Korelasi Kekuatan Subgrade dan Unbound Layer | 40 |
| 3.6. Grafik Penentuan Faktor Konversi | 42 |
| 3.7. Modulus Dinamik Minimum Unbound Layer | 44 |
| 3.8. Nomogram Penentuan T_{800} dan Penetrasi aspal | 49 |
| 3.9. Nomogram Penentuan Kekuatan Bahan Ikat Aspal (S_{bit}) | 50 |
| 3.10. Nomogram Penentuan S_{mix} | 55 |
| 3.11. Temperature Weighting Curve | 56 |
| 4.1. Susunan Tebal Perkerasan Metoda Bina Marga 1987 | 61 |
| 4.2. Susunan Tebal Perkerasan Metoda U.S ARMY ... | 63 |
| 4.3. Susunan Tebal Perkerasan Metoda SHELL 1978 . | 67 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 3.1. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan .. | 19 |
| 3.2. Koefisien Distribusi Kendaraan (C) | 19 |
| 3.3. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan ... | 20 |
| 3.4. Indek Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP) | 24 |
| 3.5. Indek Permukaan Pada Awal Umur Rencana | 25 |
| 3.6. Faktor Regional (FR) | 26 |
| 3.7. Koefisien Kekuatan Relatif (a) | 27 |
| 3.8. Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan | 29 |
| 3.9. Faktor Perkembangan Lalulintas | 30 |
| 3.10. Beban Gandar Beberapa Jenis Kendaraan | 31 |
| 3.11. Faktor Konversi Kekuatan Relatif Konstruksi Perkerasan | 34 |
| 3.12. Tebal Minimum Dari Lapis Permukaan Dan Lapis Pondasi Yang Disarankan | 35 |
| 3.13. Kekentalan Aspal | 53 |
| 4.1. Suhu Rata-rata Bulanan di Yogyakarta | 58 |
| 4.2. Perhitungan ITN | 62 |
| 4.3. Jumlah Beban Gandar Standar | 64 |
| 4.4. Weighting Factor Suhu Rata-rata Bulanan di Yogyakarta | 66 |
| 4.5. Hasil Perhitungan Ketebalan | 68 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Kartu Peserta Tugas Akhir
2. Nomogram Penentuan ITP
3. Grafik Penentuan "*Mix Stiffness (S_{mix})*"
4. Grafik Penentuan S_{mix} Untuk Lama Pembebanan 0,02 detik
5. Grafik Penentuan "*Asphalt Fatigue Characteristic*"
6. Grafik Penentuan Tebal Perkerasan Metoda Shell 1978 Untuk $E = 10^8 \text{ N/m}^2$ dan Suhu 28°C
7. Harga Satuan Lapis Pondasi Agregat Kelas A
8. Harga Satuan Lapis Pondasi Agregat Kelas B
9. Harga Satuan Asphalt Treated Base (ATB)
10. Spesifikasi dan Job Mix Formula lapis Pondasi Agregat Kelas A
11. Spesifikasi dan Job Mix Formula Lapis Pondasi Agregat Kelas B
12. Spesifikasi dan Job Mix Formula Asphalt Trated Base
13. Data Suhu Rata-rata dan Curah Hujan Bulanan di Yogyakarta
14. Data CBR Tanah Dasar

INTISARI

Frasarana perhubungan khususnya transportasi jalan mempunyai peranan yang sangat penting didalam mewujudkan perkembangan suatu daerah. Latar belakang inilah yang mendorong pemerintah untuk melaksanakan proyek pemeliharaan jalan, peningkatan jalan, dan pembangunan jalan baru agar jalan yang telah ada kondisinya tetap dalam keadaan mantap, arus lalu lintas dapat berjalan lancar serta hasil-hasil pembangunan dapat merata keseluruh daerah.

Dalam perancangan pembangunan jalan baru, banyak metode perhitungan tebal perkerasan yang dikenal di Indonesia, tetapi dalam tugas akhir ini, digunakan tiga metoda untuk menghitung tebal perkerasan yaitu : Bina Marga 1987, U.S. ARMY CORPS of ENGINEERS dan SHELL 1978, serta dibandingkan ketebalannya dan segi biaya.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan dengan ketiga metoda tersebut tampak bahwa hasil ketebalan konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh bahan penyusunnya, keadaan lingkungan dan beban yang bekerja. Ternyata tebal konstruksi perkerasan metoda U.S ARMY paling tipis dan ekonomis dari segi biaya konstruksi awal dibandingkan dengan metoda Bina Marga 1987 dan SHELL 1978.

MOTTO DAN LEMBAR PERSEMBAHAN

- Awal mula menuntut ilmu diam, yang kedua mendengar dengan tekun, yang ketiga faham dan hafal, yang keempat mengalmkannya dan yang kelima menyebarkanluaskannya.
- Keimanan berdiri diatas empat pilar : kesabaran, keyakinan, keadilan dan jihad.
- Kematian ibarat panah yang diarahkan kepada anda dan umur anda sekedar perjalanan panah itu kepada anda.

Kami persembahkan Tugas Akhir ini untuk :

1. Kedua orang tua kami tercinta : *Bapak H.M. Tabian Ridwan, Papi Azhar Ardi SH, Ibu Hj. Halimah Sa'diyah, Mami Hilda.*
2. Adik-adik kami tersayang : *Tata, Didi, Echi, Tuti, Dadang, Evi, Iman.*
3. *Sahabat-sahabat* yang selalu membantu kami.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan suatu negara yang sedang berkembang dari tahun ketahun mengadakan pembangunan disegala bidang, ditujukan untuk kemakmuran rakyat. Pembangunan yang dilaksanakan tidak bisa lepas dari jasa perhubungan.

Dalam sektor perhubungan titik berat pembangunan pada bidang transportasi dengan memanfaatkan jalan sebagai prasarana transportasi. Dewasa ini perkembangan sektor transportasi telah mengalami kemajuan yang pesat sehingga hubungan antara tempat yang satu dengan tempat yang lain begitu mudah untuk dijangkau. Kemudahan ini akan mempunyai dampak positif terhadap sektor perekonomian dan sosial pada daerah tersebut. Semakin baik prasarana jalan dan jembatan, akan semakin mempercepat perkembangan sosial ekonomi didaerah tersebut.

Kota Yogyakarta yang menyandang predikat sebagai kota budaya, pelajar dan pariwisata dari hari kehari terus berkembang dan jalan-jalan yang ada tak pernah sepi dari hilir mudik berbagai jenis kendaraan. Kenyataan diatas mengharuskan tersedianya jalan yang bermutu, awet dan tahan lama untuk itu direncanakan tebal perkerasan yang memenuhi kriteria tersebut.

Banyak metoda perhitungan tebal perkerasan yang dikenal dan banyak negara memiliki metoda perhitungan tebal perkerasan sendiri. Perbedaan - perbedaan dalam menentukan tebal perkerasan disebabkan keadaan negara yang berbeda sehingga peninjauan faktor yang diperlukan dalam perhitungan tebal perkerasan berbeda, juga karena pada dasarnya perkembangan konstruksi perkerasan jalan sebetulnya mengikuti perkembangan sarana transportasi yaitu kendaraan yang untuk berbagai negara berbeda.

Melihat kenyataan itu ingin ditinjau perancangan tebal lapis keras berbagai metoda yaitu Bina Marga 1987, U.S.ARMY CORPS of ENGINEERS dan SHEEL 1978 terutama dari segi biayanya. Dengan membandingkan cara tersebut akan memberi masukan metoda mana yang paling tepat diterapkan serta paling ekonomis untuk digunakan.

B. Batasan Masalah

Metoda perhitungan tebal perkerasan yang dikenal di Indonesia banyak sekali, maka pembatasan masalah Tugas Akhir ini pada :

- a. Metoda perhitungan tebal perkerasan yang digunakan adalah :
 - Metoda Bina Marga Th. 1987
 - Metoda U.S. ARMY CORPS of ENGINEERS
 - Metoda SHELL Th. 1978
- b. Perbandingan yang dilakukan hanya pada tebal perkerasan masing-masing metoda, dan ditinjau dari segi biaya

kontruksi awal pada kondisi yang sama.

- c. Data lalu lintas yang digunakan adalah data dari jalan Lingkar Utara Yogyakarta.

C. Tujuan Penelitian

Studi ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui cara perhitungan tebal perkerasan menurut masing-masing metoda.
- b. Mengetahui perbedaan ketebalan hasil perhitungan dan perbandingan biaya konstruksi awal dari masing-masing metoda.
- c. Mengetahui faktor-faktor apa saja yang diperlukan untuk perancangan lapis keras lentur dan membandingkan ketiga metoda tersebut terhadap keadaan di Indonesia umumnya dan Yogyakarta khususnya.

D. Metodologi

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini digunakan study literatur. Study literatur digunakan untuk mencari penjelasan lengkap mengenai ketiga metoda perhitungan tebal perkerasan yang digunakan disertakan pula langkah-langkah penentuan tebal lapis keras lentur dan tinjauan biaya konstruksinya.

Untuk keperluan analisa variabel-variabel yang digunakan adalah :

1. Varibel tetap

Yang termasuk variabel tetap dalam tugas akhir ini

adalah:

- Data beban gandar jenis kendaraan yang lewat.
- Angka pertumbuhan lalu lintas.
- Data LHR.
- Data prosentase kendaraan berat.
- Jumlah lajur.
- Umur rencana.
- Faktor regional.
- Indeks permukaan.
- Nilai CBR.
- Engineer estimate.
- Data suhu rata-rata bulanan.

2. Variabel bebas

Yang termasuk dalam variabel bebas ini adalah ketiga metoda perhitungan tebal perkerasan.

E. Alasan Pemilihan Judul

Banyak metoda perhitungan tebal perkerasan yang digunakan di Indonesia seperti Road Note 29, Road Note 31, Bina Marga '74, Bina Marga '83, Bina Marga '87, AASHTO, U.S. ARMY, SHEEL '63, dan SHELL '78. Masing-masing metoda itu mempunyai kelebihan dan kekurangan sehingga menarik sekali untuk dikupas juga mengingat dibangku kuliah karena keterbatasan waktu tidak diberikan kesemua metoda tersebut secara mendetail.

Dengan mempelajari beberapa metoda perhitungan tebal perkerasan dan membandingkan satu sama yang lain tentunya

akan lebih memahami kelebihan dan kekurangan tiap-tiap metoda tersebut. Berawal dari itulah tugas akhir ini mengambil judul "Tinjauan Biaya Konstruksi Terhadap Tebal Lapis Keras Jalan Raya Menurut Metoda Bina Marga 1987, U.S. Army Corps of Engineers dan Shell".

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Jenis Perkerasan

Perkerasan ialah suatu lapisan yang terdiri dari satu atau beberapa lapis bahan yang diletakkan pada tanah dasar ("*Subgrade*") yang berfungsi untuk melindungi tanah dasar dari kerusakan yang diakibatkan baik oleh lalu lintas maupun pengaruh alam. Perkerasan dibagi dua macam :

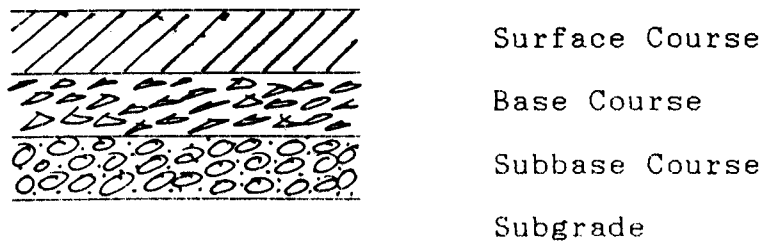
- a. Perkerasan Lentur ("*Flexible Pavement*")
- b. Perkerasan Tegar ("*Rigid Pavement*")

1. Perkerasan Lentur ("*Flexible Pavement*")

Pada perkerasan lentur lapisan perkerasannya terdiri dari tiga lapis yaitu :

- 1. Lapis permukaan ("*Surface Course*")
- 2. Lapis pondasi atas ("*Base Course*")
- 3. Lapis pondasi bawah ("*Subbase course*")

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1. Susunan lapisan perkerasan lentur

a. Tanah dasar ("Subgrade")

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

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- Perubahan bentuk tetap / deformasi permanen dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya atau akibat pelaksanaan.
- Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
- Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya yaitu pada tanah berbutir kasar yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaannya.

b. Lapis pondasi bawah ("Subbase Course")

Lapis pondasi bawah adalah bagian yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi lapisan pondasi bawah antara lain :

- Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda.
- Untuk mencapai efisiensi penggunaan material di atasnya yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya sehingga menghemat biaya konstruksi.
- Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi atas.
- Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan berjalan lancar, hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat-alat besar karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.
- Penerima gaya tekan yang lebih besar dari pada yang diterima tanah dasar.

c. Lapis pondasi atas ("Base Course")

Lapis pondasi atas adalah lapisan material yang berada langsung dibawah lapis permukaan. Fungsi utama lapis pondasi atas adalah:

- Menerima gaya tekan yang lebih besar dari pada tanah dasar dan lapis pondasi bawah.
 - Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah.
 - Mencegah terjadinya genangan air dibawah perkerasan kaku atau tegar.
- Sebagai drainase berfungsi untuk mencegah perubahan volume dan pelindung kerusakan permukaan yang

diakibatkannya.

- Mengurangi besarnya tekanan yang terjadi pada subgrade.
- Memberikan bantalan terhadap lapis permukaan.

d. Lapis permukaan ("Surface Course")

Lapis permukaan adalah bagian permukaan yang paling atas, lapis permukaan disini harus memenuhi syarat antara lain :

- Tahan terhadap gaya lintang dari beban-beban roda.
- Tahan terhadap perubahan cuaca.
- Tahan terhadap pelepasan butiran ("*Ravelling*") dan retak-retak ("*Cracking*").
- Lapis permukaan ini harus impermeable, halus permukaannya dan tidak licin.

2. Perkerasan Tegar ("*Rigid Pavement*")

Pada perkerasan tegar umumnya setelah tanah dasar dipadatkan langsung di atasnya dibangun struktur pavementnya. Namun juga kadang-kadang di atas tanah dasar juga diberi lapis pondasi untuk keperluan drainase. Kedua macam perkerasan tersebut ini sebagian besar dimaksudkan untuk pekerjaan jalan atau pelabuhan udara.

B. Syarat-syarat Perkerasan

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu perkerasan dapat dibagi dua golongan yaitu:

a. Syarat-syarat lalulintas.

b. Syarat-syarat struktural.

Syarat-syarat lalulintas umumnya menyangkut permukaan perkerasan sehubungan dengan kelancaran serta ketenangan jalannya lalulintas. Syarat-syarat tersebut diantaranya adalah permukaan harus rata sehingga memberi kenyamanan bagi pengemudi, permukaan harus cukup kaku jadi tidak mudah berubah bentuk, permukaan harus cukup kesat (tidak mudah selip), permukaan harus dengan mudah mengalirkan air dan harus tidak menyilaukan waktu menghindarkan pantulan sinar lampu.

Syarat-syarat struktural biasanya adalah perkerasan harus cukup tebal untuk dapat menyebarkan beban sedemikian hingga dapat ditahan oleh tanah dasar. Perkerasan harus cukup kuat untuk dapat menahan beban yang bekerja, dan mempunyai kekedapan sedemikian hingga dapat menahan meresapnya air kebawah.

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Unsur-unsur Pokok Perancangan Tebal Perkerasan

Unsur-unsur pokok perancangan tebal perkerasan terdiri dari:

- a. Umur rencana
- b. Lalulintas
- c. Sifat tanah dasar
- d. Kondisi lingkungan
- e. Sifat material lapisan perkerasan

1. Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus direncanakan seperti pelapisan nonstruktural yang berfungsi sebagai lapis aus. Umur rencana perkerasan ditentukan atas dasar pertimbangan-pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalulintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan. Umumnya untuk umur rencana diambil 20 th dan untuk peningkatan jalan diambil 10 th. Umur rencana yang lebih besar dari 20 th tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalulintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai.

2. Lalulintas

Tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban yang akan dipikul, berarti dari arus lalulintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya arus lalulintas dapat diperoleh dari:

1. Analisa lalulintas saat ini, sehingga diperoleh data mengenai:

- jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan
- jenis kendaraan beserta jumlah tiap jenisnya
- konfigurasi sumbu dari setiap jenis kendaraan
- beban masing-masing sumbu kendaraan

Pada perancangan jalan baru perkiraan volume lalulintas ditentukan dengan menggunakan hasil survey volume lalulintas didekat jalan tersebut dan analisa pola lalulintas disekitar lokasi jalan.

2. Perkiraan faktor pertumbuhan lalulintas selama umur rencana, antara lain berdasarkan atas analisa ekonomi dan sosial daerah tersebut.

a. Volume lalulintas

Jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan dinyatakan dalam volume lalulintas. Volume lalulintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik selama satu satuan waktu. Untuk perancangan tebal lapisan perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau 2 arah.

Data volume lalu lintas dapat diperoleh dari pos-pos rutin yang ada disekitar lokasi. Jika tidak terdapat pos-pos rutin yang dekat lokasi atau untuk pengecekan data, perhitungan volume lalu lintas dapat dilakukan secara manual ditempat-tempat yang dianggap perlu. Pada saat ini Indonesia telah mempunyai pos-pos rutin perhitungan volume lalu lintas yang merupakan pos yang dipilih disepanjang jaringan jalan yang ada. Pos-pos rutin tersebut dapat dibagi 3 kelas :

- 1) Kelas A, adalah pos yang terletak pada ruas jalan yang padat lalu lintasnya, dimana perhitungan dilakukan secara otomatis terus menerus selama setahun.
- 2) Kelas B, adalah pos yang terletak pada ruas jalan yang lalu lintasnya sedang.
- 3) Kelas C, adalah pos yang terletak pada ruas jalan yang lalu lintasnya rendah.

Dari pos-pos rutin tersebut untuk kebutuhan perancangan tebal lapisan perkerasan dapat diperoleh data-data sebagai berikut :

- LHR rata-rata.
- Komposisi arus lalu lintas terhadap berbagai kelompok jenis kendaraan.
- Distribusi arah untuk jalan 2 lajur tanpa median.

b. Angka ekuivalen beban sumbu

Jenis kendaraan yang memakai jalan beraneka ragam,

bervariasi baik ukuran, berat total, konfigurasi dan beban sumbu, daya, dan lain sebagainya. Oleh karena itu volume lalulintas umumnya dikelompokkan atas beberapa kelompok yang masing-masing kelompok diwakili oleh satu jenis kendaraan. Pengelompokkan jenis kendaraan untuk perancangan tebal perkerasan dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Mobil penumpang
- 2) Bus
- 3) Truk 2 as
- 4) Truk 3 as
- 5) Truk 5 as
- 6) Semi trailer

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalulintas yang dilimpahkan melalui roda-roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung dari berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, kecepatan kendaraan dan lain-lain. Dengan demikian efek dari masing-masing kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkan tidaklah sama. Oleh karena itu perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat diekivalensikan ke beban standar tersebut. Beban standar merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 pon (8,16 ton).

c. Angka ekivalen kendaraan

Berat kendaraan dilimpahkan keperkerasan jalan

melalui roda kendaraan yang terletak diujung-ujung sumbu kendaraan. Setiap kendaraan mempunyai konfigurasi yang berbeda-beda. Sumbu depan merupakan sumbu tunggal roda tunggal, roda belakang dapat merupakan sumbu tunggal ataupun sumbu ganda. Dengan demikian setiap jenis kendaraan akan mempunyai angka ekivalen yang merupakan jumlah angka ekivalen dari sumbu depan dan sumbu belakang. Beban masing-masing sumbu dipengaruhi oleh letak titik berat kendaraan, dan bervariasi sesuai dengan muatan dari kendaraan tersebut. Untuk truk mempunyai angka ekivalen yang berbeda antara kondisi kosong dan kondisi termuat penuh sehingga mencapai berat maksimum. Pada perancangan tebal perkerasan tidak selalu mempergunakan angka ekivalen berdasarkan berat maksimum dan tidak mungkin pula menggunakan angka ekivalen berdasarkan berat kosong. Angka ekivalen yang dipergunakan dalam perancangan adalah angka ekivalen berdasarkan berat kendaraan yang diharapkan selama umur rencana. Berat kendaraan itu dipengaruhi oleh faktor-faktor :

1) Fungsi jalan

Kendaraan berat yang memakai jalan arteri umumnya memuat muatan yang lebih berat dari pada jalan lokal.

2) Keadaan medan

Jalan yang mendaki mengakibatkan truk tidak mungkin memuat beban yang lebih berat dibandingkan dengan jalan pada medan datar.

3) Aktifitas ekonomi didaerah yang bersangkutan

Jenis dan berat beban yang diangkut oleh kendaraan berat sangat tergantung dari jenis kegiatan yang ada didaerah tersebut. Truk didaerah industri mengangkut beban yang berbeda jenis dan beratnya didaerah perkebunan.

4) Perkembangan daerah

Beban yang diangkut oleh kendaraan dapat berkembang sesuai dengan perkembangan daerah disekitar lokasi jalan.

Dengan demikian maka sebaiknya angka ekivalen yang dipergunakan untuk perancangan adalah angka ekivalen yang berdasarkan atas data pos timbang atau dari survey timbang yang dilakukan didaerah lokasi.

d. Lintas ekivalen

Kerusakan perkerasan jalan raya pada umumnya disebabkan oleh terkumpulnya air dibagian perkerasan jalan, dan karena repetisi dari lintasan kendaraan. Oleh karena itu perlulah ditentukan berapa jumlah repetisi beban yang memakai jalan tersebut. Repetisi beban dinyatakan dalam lintasan sumbu standar yang dikenal dengan nama lintas ekivalen. Lintas ekivalen dapat dibedakan atas :

- 1) Lintas ekivalen pada saat jalan tersebut dibuka
(lintas ekivalen awal umur rencana = LEP)
- 2) Lintas ekivalen pada akhir umur rencana adalah

besarnya lintas ekiivalen pada saat jalan tersebut membutuhkan perbaikan secara struktural (lintas ekiivalen akkhir umur rencana = LEA)

- 3) Lintas ekiivalen selama umur rencana, jumlah lintas ekiivalen yang akan melintasi jalan tersebut selama masa pelayanan, dari saat dibuka sampai akhir umur rencana.

Penentuan besarnya lintas ekiivalen berdasarkan kendaraan yang melintasi jalan secara berulang pada lajur jalannya. Lintas ekiivalen yang merupakan beban bagi perkerasan jalan diperhitungkan hanya untuk satu lajur, yaitu yang tersibuk (lajur dengan volume tinggi). Lajur ini disebut lajur rencana. Pada jalan raya dua lajur dua arah, lajur rencana adalah salah satu lajur dengan volume kendaraan berat terbanyak, sedangkan pada jalan raya berlajur banyak, lajur rencananya biasanya adalah pada lajur sebelah tepi dengan lalulintas yang lebih lambat dan padat.

3. Sifat tanah dasar

Subgrade atau tanah dasar merupakan lapisan tanah yang paling atas, diatasnya diletakkan lapisan dengan bahan yang lebih baik. Sifat tanah dasar ini mempengaruhi ketahanan lapisan diatasnya dan mutu jalan secara keseluruhan. Untuk Indonesia daya dukung tanah dasar untuk kebutuhan perancangan tebal perkerasan ditentukan dengan menggunakan pemeriksaan CBR. Nilai CBR adalah nilai CBR

lapangan atau CBR laboratorium. CBR lapangan biasanya digunakan untuk perancangan lapisan tambahan (*overlay*) pada proyek peningkatan jalan. Sedangkan CBR laboratorium, biasanya digunakan untuk perancangan jalan baru.

4. Kondisi lingkungan

Kondisi lingkungan yang dimaksud adalah kondisi yang mempengaruhi perkerasan jalan dan tanah dasar seperti keadaan lapangan dan iklim. Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase serta kendaraan yang berhenti. Keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata pertahun dan suhu.

B. Perancangan Tebal Perkerasan Dengan Metoda Bina Marga 1987

1. Lalulintas

a. Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalulintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalulintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan menurut tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3.1. Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI No:1732-1989-F)

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana ditentukan menurut tabel 3.2 di bawah ini :

Tabel 3.2. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

| Jml lajur | Kendaraan Ringan | | Kendaraan Berat | |
|-----------|------------------|--------|-----------------|--------|
| | 1 arah | 2 arah | 1 arah | 2 arah |
| 1 lajur | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2 lajur | 0,60 | 0,50 | 0,70 | 0,50 |
| 3 lajur | 0,40 | 0,40 | 0,50 | 0,475 |
| 4 lajur | - | 0,30 | - | 0,45 |
| 5 lajur | - | 0,25 | - | 0,425 |
| 6 lajur | - | 0,20 | - | 0,40 |

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI No:1732-1989-F)

b. Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan

Angka ekivalen masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus 3.1 dan 3.2.

$$\text{Angka ekivalen} = \frac{\text{beban satu sumbu tunggal (Kg)}}{8160} \quad 4 \quad \dots(3.1)$$

$$\text{Angka ekivalen sumbu ganda} = 0.086 \left| \frac{\text{beban satu sumbu ganda (Kg)}}{8160} \right| 4 \dots\dots(3.2)$$

Tabel 3.3. berikut ini menunjukkan besarnya angka ekivalen dari beban sumbu kendaraan.

Tabel 3.3. 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 | 0,2932 | 0,0251 |
| 7000 | 15432 | 0,5415 | 0,0466 |
| 8000 | 17637 | 0,9238 | 0,0794 |
| 8160 | 18000 | 1,0000 | 0,0860 |
| 9000 | 19841 | 1,4798 | 0,1237 |
| 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 : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI No:1732-1989-F)

c. Lalulintas harian rata-rata dan rumus-rumus lintas ekivalen

1) Lalulintas Harian Rata-rata pada setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

2) Menghitung lintas ekivalen permulaan (LEP) dengan

rumus 3.3.

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

dengan : C_j = koefisien distribusi kendaraan

E_j = angka ekivalen kendaraan

j = jenis kendaraan.

3) Menghitung lintas ekivalen akhir (LEA) dengan rumus 3.4.

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

dengan : UR = umur rencana

C_j = koefisien distribusi kendaraan

E_j = angka ekivalen kendaraan

i = perkembangan lalulintas.

j = jenis kendaraan.

4) Menghitung lintas ekivalen tengah (LET) dengan rumus 3.5.

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots(3.5)$$

5) Lintas Ekivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus 3.6.

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

Faktor penyesuaian (FP) tersebut diatas ditentukan dengan rumus 3.7.

$$FP = \frac{UR}{10} \dots\dots\dots(3.7)$$

2. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi, sedang nilai CBR disini adalah nilai CBR lapangan atau CBR laboratorium. Nilai yang mewakili dari sejumlah nilai CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut :

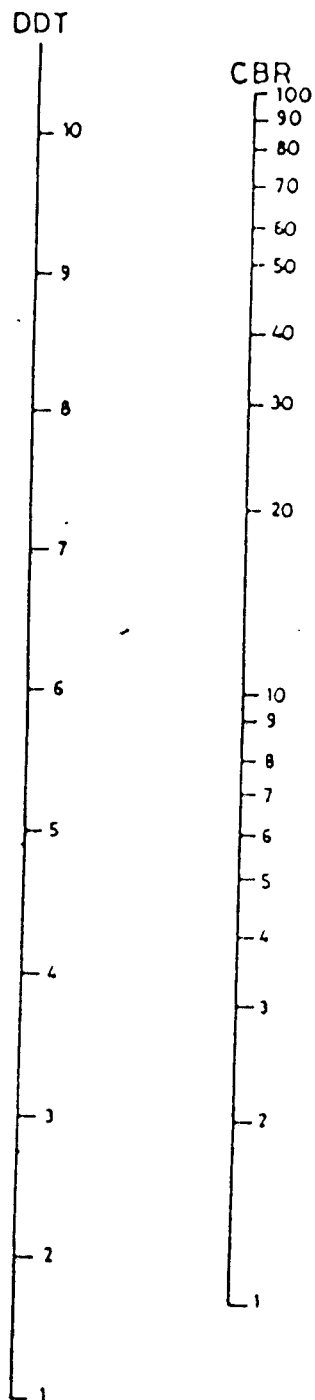
- a. ditentukan nilai CBR yang terendah.
- b. ditentukan berapa banyak nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR
- c. angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 %. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100 %.
- d. dibuat grafik hubungan antara CBR dan persentase jumlah tadi.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

Grafik korelasi antara DDT dan CBR dapat dilihat pada gambar 3.1.

3. Indek Permukaan (IP)

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

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



Gambar 3.1. Korelasi DDT dan CBR

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

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur
Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI
No: 1732-1989-F)

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

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

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

Tabel 3.4. berikut ini menunjukkan nilai indeks permukaan pada akhir umur rencana.

Tabel 3.4. Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

| Lintas Ekivalen Rencana | Klasifikasi | | | |
|-------------------------------|-------------|----------|---------|-----|
| | lokal | kolektor | arteri | tol |
| < 1 | 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 : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI No:1732-1989-F)

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana seperti yang termuat pada tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5. Indek Permukaan Pada Awal Umur Rencana

| Jenis Lapis Perkerasan | I _{Po} | Roughness(mm/km) |
|------------------------|-----------------|------------------|
| LASTON | ≥ 4 | ≤ 1000 |
| LASBUTAG | 3,9-3,5 | > 1000 |
| H R A | 3,9-3,5 | ≤ 2000 |
| BURDA | 3,4-3,0 | > 2000 |
| BURTU | 3,9-3,5 | ≤ 2000 |
| LAPEN | 3,4-3,0 | > 2000 |
| LATASBUM | 3,9-3,5 | < 2000 |
| BURAS | 3,4-3,0 | < 2000 |
| LATASIR | 3,4-3,0 | ≤ 3000 |
| JALAN TANAH | 2,9-2,5 | > 3000 |
| JALAN KERIKIL | 2,9-2,5 | |
| | 2,9-2,5 | |
| | 2,9-2,5 | |
| | 2,9-2,5 | |
| | ≤ 2,4 | |
| | ≤ 2,4 | |

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI No:1732-1989-F)

4. Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinemen serta persentase kendaraan dengan berat ≥ 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata pertahun. Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" maka dalam menentukan tebal perkerasan faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagaimana tertera dalam tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6. Faktor Regional (FR)

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

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI No:1732-1989-F)

5. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan dan kegunaannya adalah sebagai lapis permukaan, pondasi atas, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur) atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Jika alat Marshall Test tidak tersedia, maka kekuatan (stabilitas) bahan beraspal bisa diukur dengan cara lain seperti Hveem Test, Hubbard Field, dan Smith Triaxial. Tabel 3.7 di bawah ini menunjukkan nilai koefisien kekuatan relatif dari bahan perkerasan.

Tabel 3.7. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

| Koef Kekuatan Relatif | | | Kekutan Bahan | | | Jenis Bahan |
|-----------------------|------|------|---------------|------------|-----|-----------------------------------|
| a1 | a2 | a3 | MS (kg) | Kt (kg/cm) | CBR | |
| 0,40 | - | - | 744 | - | - | Laston |
| 0,35 | - | - | 590 | - | - | |
| 0,32 | - | - | 454 | - | - | |
| 0,30 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,35 | - | - | 744 | - | - | Lasbutag |
| 0,31 | - | - | 590 | - | - | |
| 0,28 | - | - | 454 | - | - | |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,30 | - | - | 340 | - | - | HRA |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | Aspal Macadam |
| 0,25 | - | - | - | - | - | Lapen (mekanis) |
| 0,2 | - | - | - | - | - | Lapen (manual) |
| - | 0,28 | - | 590 | - | - | Laston Atas |
| - | 0,26 | - | 454 | - | - | |
| - | 0,24 | - | 340 | - | - | |
| - | 0,23 | - | - | - | - | Lapen (mekanis) |
| - | 0,19 | - | - | - | - | Lapen (manual) |
| - | 0,15 | - | - | - | - | Stabilitastanah - dengan semen |
| - | 0,13 | - | - | - | - | |
| - | 0,15 | - | - | 22 | - | Stabilitas tanah dengan kapur |
| - | 0,13 | - | - | 18 | - | |
| - | 0,14 | - | - | - | 100 | Batu pecah(kelas A) |
| - | 0,13 | - | - | - | 80 | Batu pecah(kelas B) |
| - | 0,12 | - | - | - | 60 | Batu pecah(kelas C) |
| - | - | 0,13 | - | - | 70 | Sirtu/pitrun(kelasA) |
| - | - | 0,12 | - | - | 50 | Sirtu/pitrun(kelasB) |
| - | - | 0,11 | - | - | 30 | Sirtu/pitrun(kelasC) |
| - | - | 0,10 | - | - | 20 | Tanah/lempung kepa- siran |

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI No:1732-1989-F)

6. Penentuan Tebal Perkerasan

Penentuan tebal perkerasan menurut cara Bina Marga 1987 dilakukan dengan menggunakan nomogram. Adapun nomogram

yang digunakan pada cara ini ada bermacam-macam sesuai dengan kombinasi besarnya Indeks Permukaan pada akhir umur rencana (IP) dan Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IPo).

Untuk menentukan tebal perkerasan pertama kali dicari nilai ITP dengan menggunakan nomogram yang terdapat pada lampiran 2. Cara menggunakan nomogram tersebut adalah sebagai berikut :

- a. ditentukan IP dan IPo yang kita pergunakan karena nomogram-nomogram tersebut berlainan untuk IP dan IPo.
- b. diplotkan nilai DDT dan LEH kedalam nomogram tersebut, kemudian tarik garis lurus dari DDT ke LER dan kita teruskan hingga memotong garis ITP.
- c. diplotkan besarnya faktor regional (FR).
- d. ditarik garis lurus dari nilai ITP ke titik FR kemudian diteruskan garis ini hingga memotong garis ITP. Pada titik potong inilah kita baca nilai ITP.

Setelah ITP kita peroleh, maka ketebalan perkerasan dapat kita hitung dengan rumus 3.7.

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

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 untuk lapis permukaan lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

Besarnya koefisien kekuatan relatif dapat dilihat pada tabel 3.7.

7. Batas-Batas Minimum Tebal lapisan Perkerasan

Untuk mengetahui batas-batas tebal lapisan perkerasan dapat dilihat pada tabel 3.8 di bawah ini.

Tabel 3.8. Batas-batas Minimum Tebal lapisan perkerasan.

a. Lapis permukaan

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

b. Lapis pondasi

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

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI No:1732-1989-F)

c. Lapis pondasi bawah

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

C. Perancangan Tebal Perkerasan Dengan Metoda U.S. ARMY
CORPS of Engineers

1. Analisis Lalulintas

Lalulintas harian rata-rata (LHR) ditentukan pada awal umur rencana jalan, umur rencana jalan dikonversikan dengan faktor perkembangan dalam masa tertentu adalah :

$$\text{LHR} = \text{LHR awal} (1 + i)^n \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

Besarnya faktor pengembangan lalulintas ditentukan oleh besarnya angka pertumbuhan lalulintas dan waktu pertumbuhan. Besarnya faktor perkembangan lalulintas dapat dilihat pada tabel 3.9 di bawah ini.

Tabel 3.9. Faktor perkembangan lalulintas

| Tahun | 2 % | 4 % | 5 % | 6 % | 8% | 10 % |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 tahun | 1,01 | 1,02 | 1,02 | 1,03 | 1,04 | 1,55 |
| 2 tahun | 2,04 | 2,08 | 2,10 | 2,12 | 2,16 | 2,20 |
| 5 tahun | 5,25 | 5,53 | 5,66 | 5,80 | 6,10 | 6,41 |
| 8 tahun | 8,70 | 9,51 | 9,62 | 10,20 | 11,02 | 12,00 |
| 10 tahun | 11,05 | 12,25 | 12,90 | 13,60 | 15,05 | 16,75 |
| 15 tahun | 17,45 | 20,25 | 22,15 | 23,90 | 28,30 | 33,35 |
| 20 tahun | 24,55 | 30,40 | 33,90 | 37,95 | 47,70 | 60,20 |

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan U.S. ARMY CORPS of ENGINEERS (1968)

Pada perhitungan tebal perkerasan dengan metode U.S ARMY

Corps of Engineers ini tidak ada tebal yang menunjukkan pembagian jurusan untuk jalan berlajur banyak. Untuk jalanan dua lajur dua arah biasanya langsung diambil faktor pembagian jurusan sebesar 50 %

2. Menentukan Masa Rencana Jalan (n)

Masa rencana jalan pada jalan Lingkar Utara menurut Bina Marga sampai diperlukan perbaikan berat (penambalan lapisan di atasnya atau overlay) dipakai setiap 10 tahun sekali.

3. Initial Traffic Number (ITN)

Initial Traffic Number (ITN) adalah jumlah ekivalen operasi 8 ton per lajur per hari. Untuk menghitung besarnya ITN mengkonfirmasi dulu kendaraan yang ada kedalam beban 8 ton dengan menggunakan faktor operasi. Besar gandar untuk tiap jenis kendaraan adalah seperti terlihat pada tabel 3.10 di bawah ini.

Tabel 3.10. Beban Gandar Beberapa Jenis kendaraan

| Kendaraan | Gandar (as) tunggal | | Tandem |
|----------------|---------------------|-------------|---------------|
| | Depan(ton) | Belakang(t) | Belakang(ton) |
| Penumpang | 0,75 | 1,00 | - |
| Bus | 3,00 | 5,00 | - |
| Truk 2as (13t) | 5,00 | 8,00 | - |
| Truk 3as (20t) | 7,70 | - | 12,30 |
| Truk 5as (30t) | 7,70 | - | 12,30 |
| Gandengan | 5,00 | 5,00 | - |

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan U.S. ARMY CORPS of ENGINEERS (1968)

Sedangkan besarnya faktor operasi untuk masing-masing

gandar tersebut dapat dilihat di grafik pada gambar 3.2 dan 3.3. Selanjutnya untuk besarnya ITN dapat dihitung dengan rumus :

$$ITN = \Sigma (\text{ekivalen operasi perhari}) \dots\dots\dots(3.9)$$

4. Perhitungan Ekivalen Operasi (OE)

Ekivalen operasi adalah jumlah ekivalen operasi beban roda 8 ton yang terjadi selama umur rencana tersebut. Rumus perhitungan OE adalah sebagai berikut :

$$OE = ITN \times 365 \times F \dots\dots\dots(3.10)$$

$$F = 1/2 (1 + (1+R)^n + 2(1+R) \frac{(1+R)^n - 1}{R}) \dots\dots(3.11)$$

dengan : OE = Ekivalen Operasi selama umur rencana

ITN = Initial Traffic Number

365 = jumlah hari dalam setahun

F = faktor pengembangan lalulintas selama umur rencana

R = nilai CBR

n = umur rencana

5. Perhitungan Tebal Perkerasan

Untuk menentukan tebal dari lapis permukaan dan lapis pondasi haruslah diambil tebal minimum yang disaratkan pada tabel 3.11 dan 3.12 serta grafik perhitungan tebal perkerasan gambar 3.4. Khusus untuk grafik gambar 3.4 memiliki dua sumbu :

Sumbu X = besarnya OE (Ekivalen Operasi), dan

Sumbu Y = tebal perkerasan (cm).

Cara menggunakan grafik ekivalen ini adalah sebagai berikut :

- a. diplotkan besarnya ekivalen operasi pada sumbu X.
- b. ditentukan besarnya CBR subgrade dan CBR lapisan pondasi bawah.
- c. dari besarnya OE kita tarik garis vertikal sehingga memotong garis CBR subgrade, kemudian dari titik potong ini ditarik garis horisontal ke kiri sehingga diperoleh ketebalan lapis perkerasan, tebal ini adalah tebal total perkerasan (surface, base course dan subbase-course).
- d. garis vertikal dari OE kita teruskan hingga memotong garis CBR lapisan pondasi bawah (sub base), kemudian dari titik potong ini ditarik garis horisontal ke kiri sehingga diperoleh ketebalan lapisan perkerasan, ketebalan yang didapat ini adalah ketebalan lapisan base dan surface course.
- e. ketebalan masing-masing lapisan ditentukan dengan melihat faktor konversi pada tabel 3.11 sedangkan tebal minimum masing-masing lapisan dapat dilihat pada tabel 3.12 .

Tabel 3.11. Faktor konversi kekuatan relatif konstruksi perkerasan

| Lapisan | Konstruksi | Kekuatan Minimum | | | Faktor konversi |
|--|---|------------------|-----|------|-----------------|
| | | MS | CBR | K | |
| Permukaan | 1. Beton aspal | 1700 | | | 1,00 |
| | 2. Butas | 1000 | | | 0,75 |
| | 3. Open grade | 900 | | | 0,75 |
| | 4. Penetrasi | 900 | | | 0,75 |
| Pondasi | 1. Beton aspal | 1500 | | | 1,00 |
| | 2. Hot mix sand asphalt | 600 | | | 0,75 |
| | 3. Dry bound macadam | | 100 | | 0,50 |
| | 4. Water bound macadam | | 100 | | 0,50 |
| | 5. Graded crushed stone | | 100 | | 0,50 |
| | 6. Penetrasi macadam | | 80 | | 0,50 |
| | 7. Crushed Agregat | | 50 | | 0,35 |
| | 8. Stabilisasi tanah - dengan kapur | | | 32* | 0,50 |
| | | | | 46* | 0,60 |
| | 9. Stabilisasi tanah - butir kasar dgn PC | | | 21# | 0,40 |
| | | | | 32# | 0,50 |
| 10. Stabilisasi tanah butir kasar dgn PC | | | 46# | 0,60 | |
| 11. Stabilisasi tanah butir kasar dgn : | | | | | |
| - aspal emulsi | 300 | | | 0,40 | |
| - aspal dingin | 400 | | | 0,45 | |
| - aspal panas | 600 | | | 0,50 | |
| Pondasi Bawah | 1. Sirtu | | 50 | | 0,35 |
| | | | 30 | | 0,30 |
| | | | 20 | | 0,25 |
| | 2. Pasir | | 10 | | 0,20 |
| | 3. Improved Subgrade | | 8 | | 0,10 |

* Kuat tekan benda uji 21 hari (kg/cm^2)

Kuat tekan benda uji 7 hari (kg/cm^2)

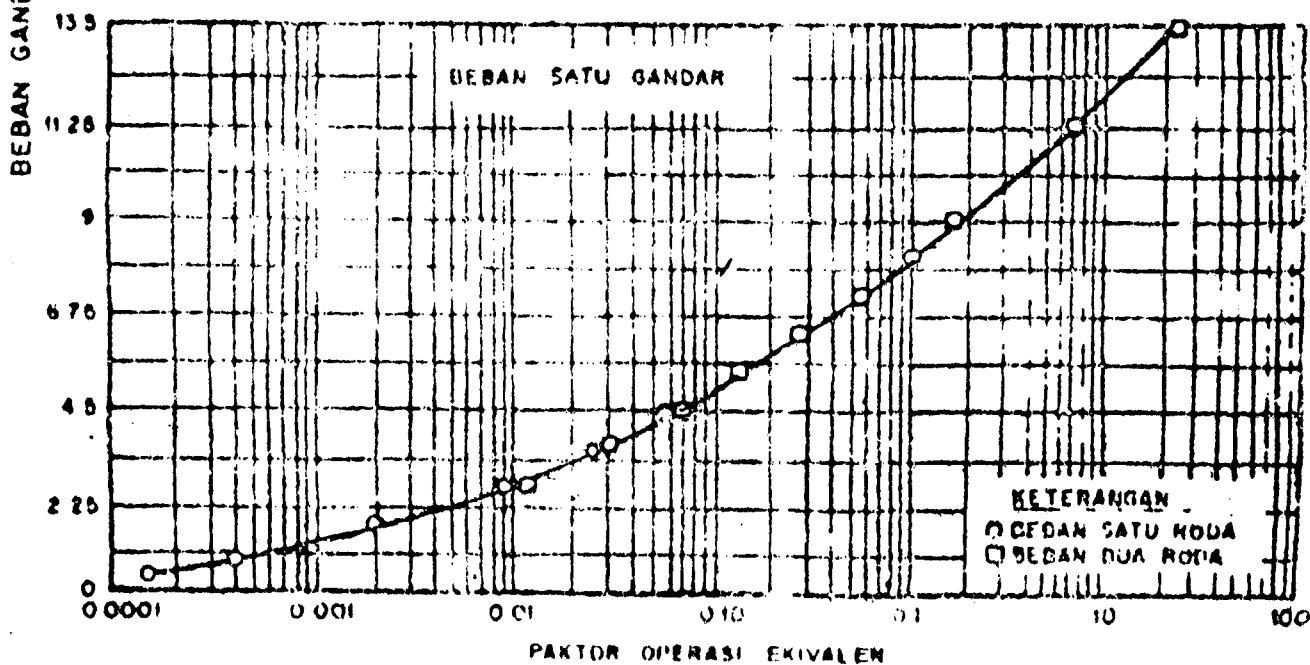
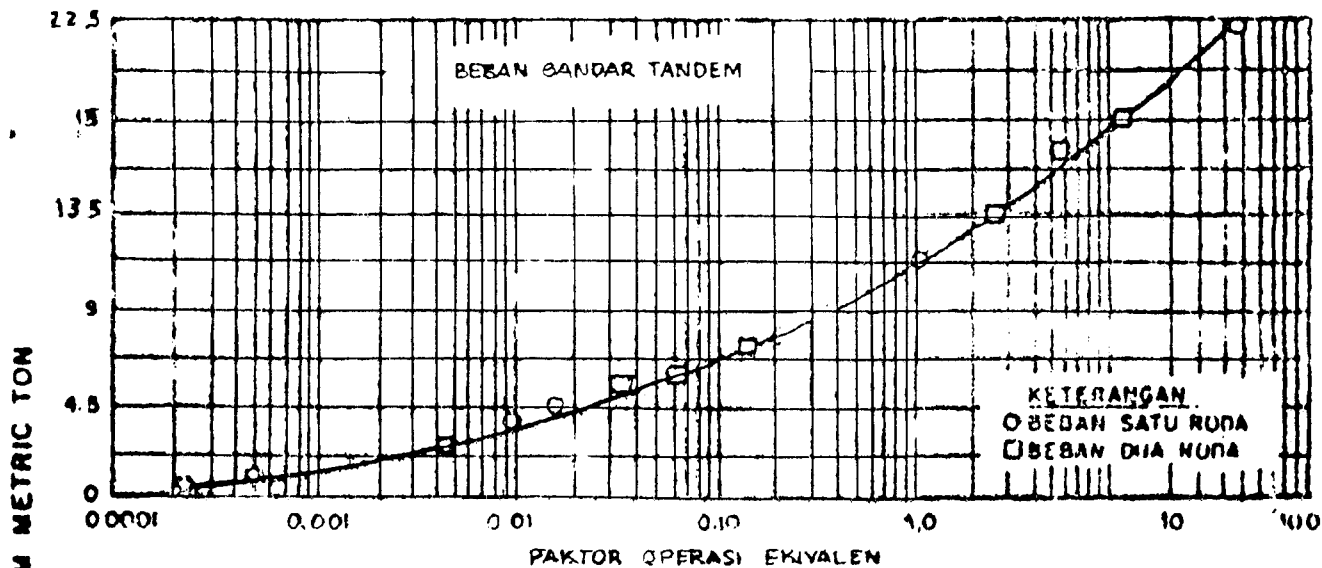
Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan U.S. ARMY CORPS of ENGINEERS (1968)

Tabel 3.12. Tebal minimum dari lapis permukaan dan lapis pondasi yang disarankan

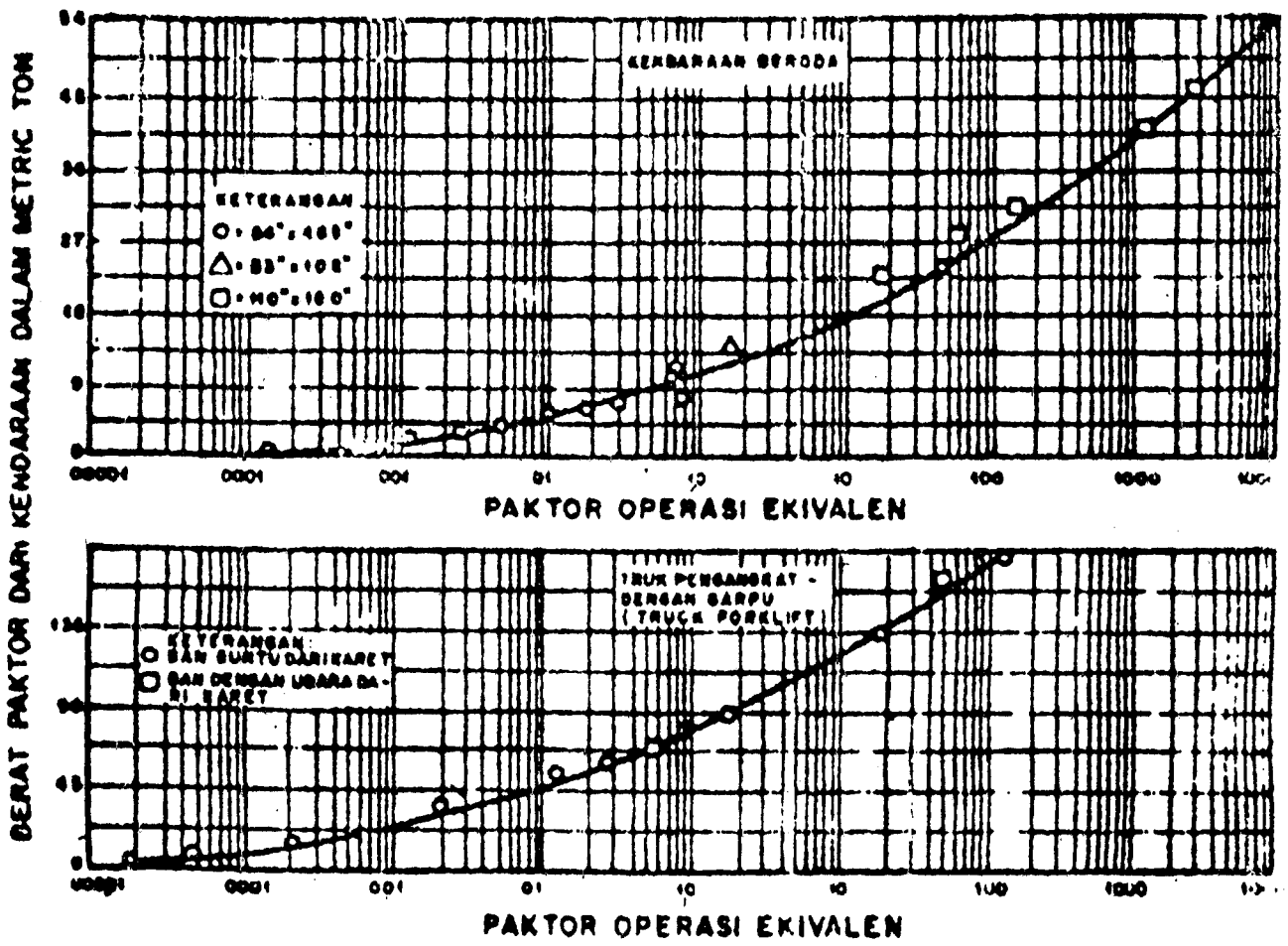
| OPERASI DARI EKIVALEN BEBAN 8000 kg SATU GANDAR DUA RODA | CBR 100 TEB.LAP. (cm) | | | CBR 80 TEB.LAP. (cm) | | | CBR 50 TEB.LAP. (cm) | | |
|--|--------------------------|-------------|-----|-------------------------|-------------|-----|-------------------------|-------------|-----|
| | P.mu kaan | Pon dasi | jml | P.mu kaan | Pon dasi | jml | P.mu kaan | Pon dasi | jml |
| 3×10^3 /KURANG | ST | 10 | 11 | MST | 10 | 13 | 4 | 10 | 14 |
| $3 \times 10^3 - 1,5 \times 10^4$ | ST | 10 | 11 | MST | 10 | 13 | 5 | 10 | 15 |
| $15 \times 10^4 - 7 \times 10^4$ | MST | 10 | 13 | 4 | 10 | 14 | 6 | 10 | 16 |
| $7 \times 10^4 - 7 \times 10^5$ | MST | 10 | 13 | 4 | 10 | 14 | 8 | 10 | 18 |
| $7 \times 10^5 - 7 \times 10^6$ | 4 | 10 | 14 | 5 | 10 | 15 | 9 | 10 | 19 |
| $7 \times 10^6 - 7 \times 10^7$ | 4 | 10 | 14 | 6 | 10 | 16 | 10 | 10 | 20 |
| $7 \times 10^7 - 7 \times 10^8$ | 5 | 10 | 15 | 9 | 10 | 19 | 11 | 10 | 21 |
| $7 \times 10^8 - 7 \times 10^9$ | 8 | 10 | 18 | 9 | 10 | 19 | 13 | 10 | 23 |

Note : ST = Single Bituminous Surface Treatment
MST = Multiple Bituminous Surface Treatment

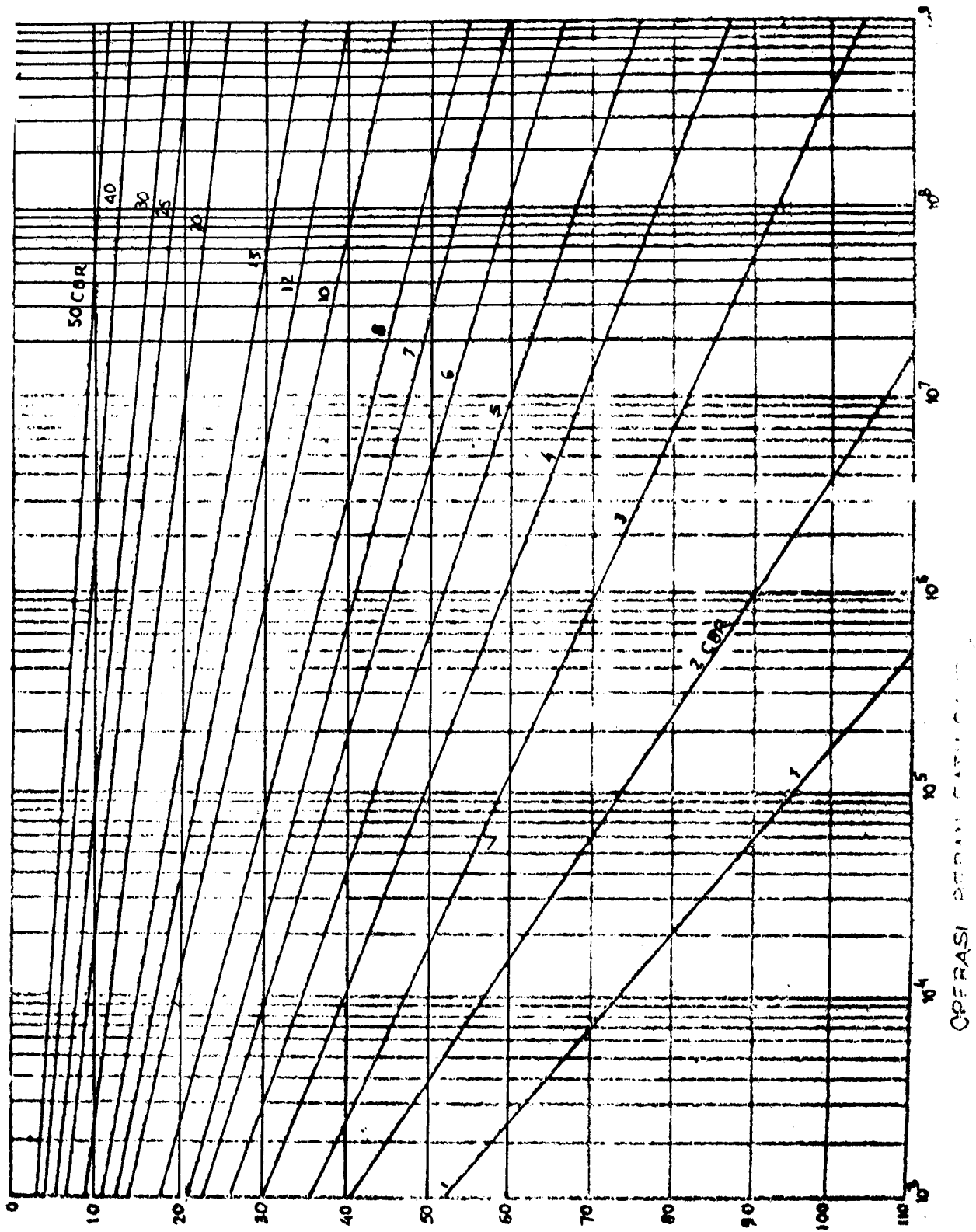
Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan U.S. ARMY CORPS of
ENGINEERS (1968)



Gambar 3.2. Faktor Operasi Ekuivalen Dalam Beban Gandar
 Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan U.S. ARMY CORPS of ENGINEERS (1968)



Gambar 3.3. Faktor Operasi Ekuivalen Dalam Berat Kotor
 Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan U.S. ARMY CORPS of
 ENGINEERS (1968)



TEBAL PERKERASAN DALAM CM

Gambar 3.4. Grafik Penentuan Tebal Perkerasan
 Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan U.S. ARMY CORPS of
 ENGINEERS (1968)

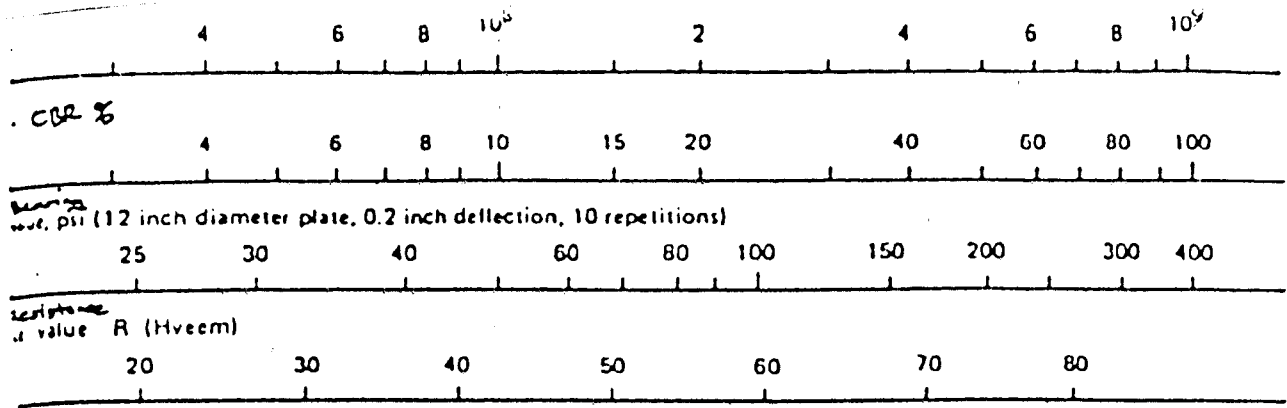
D. Perancangan Tebal Perkerasan Dengan Metoda Shell 1978

1. Tanah Dasar

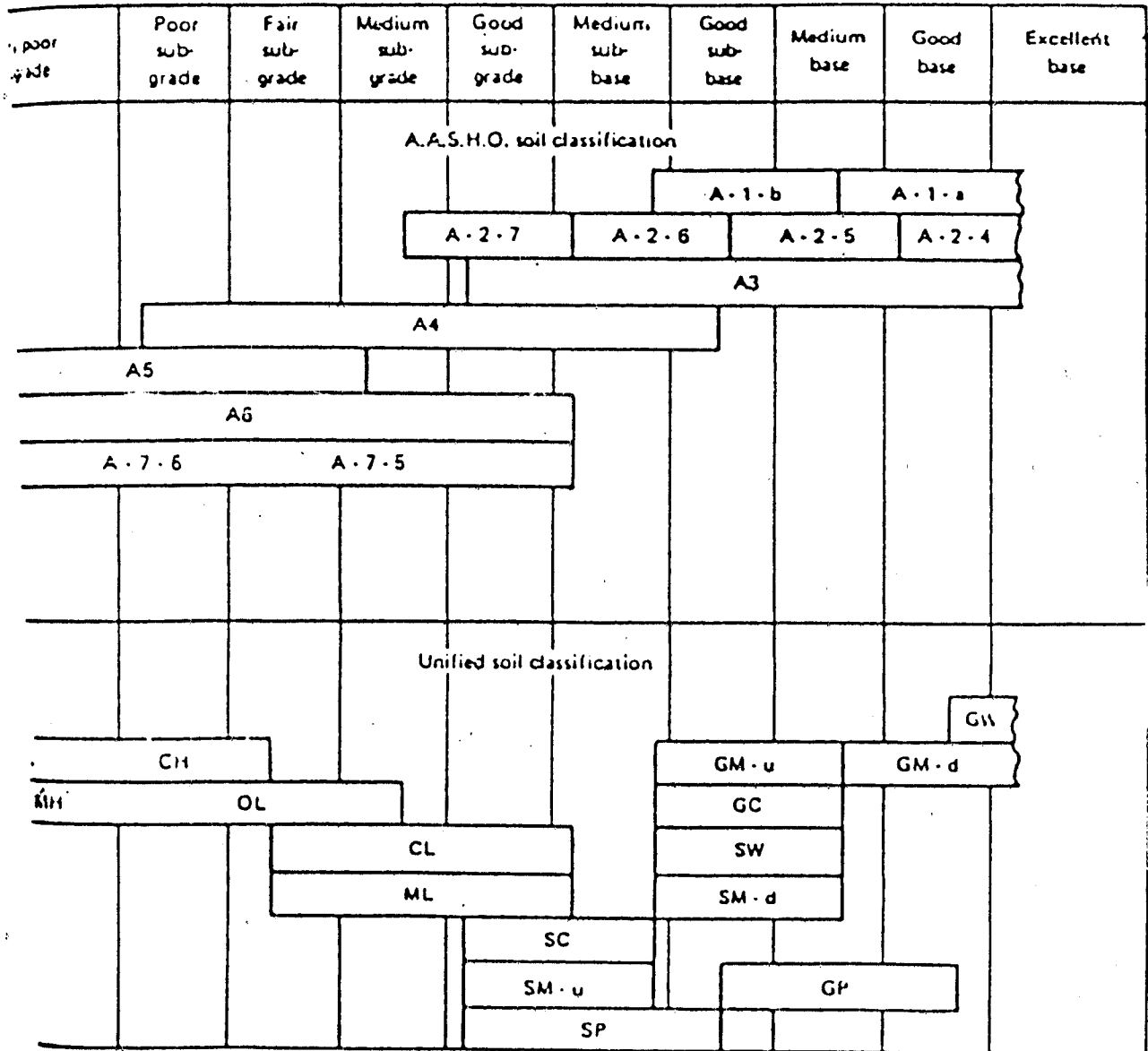
Kekuatan dan keawetan konstruksi tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Didalam metoda ini kekuatan dari tanah dasar dinyatakan dalam nilai modulus dinamik (E_3). Untuk memudahkan penentuan nilai modulus dinamik ini bisa memakai grafik korelasi seperti yang terlihat pada gambar 3.5. Berdasarkan atas percobaan yang dilakukan ternyata nilai modulus dinamik E_3 (N/m^2) adalah setara dengan 10^7 CBR. Tapi untuk tanah plastis dengan nilai CBR yang rendah, nilai E_3 setara dengan nilai $2 \cdot 10^7$ CBR.

2. Lalulintas

Besaran yang digunakan dalam perancangan tebal perkerasan berkaitan dengan data lalulintas, dipengaruhi oleh jenis kendaraan, volume lalulintas dan pola operasi. Tentang jenis kendaraan yang berperan adalah besarnya beban gandar yang akan didukung oleh konstruksi perkerasan. Data tentang volume lalulintas digunakan dalam perhitungan jumlah beban yang akan terjadi selama umur rencana. Sedangkan yang dimaksud dengan pola operasi kendaraan adalah mengenai kecepatan kendaraan, yang akan berpengaruh terhadap waktu pembebanan. Waktu pembebanan ini akan mempengaruhi sifat bahan ikat (aspal) dalam hal kekakuan.



General soil rating as subgrade, sub-base or base



Gambar 3.5. Korelasi Kekuatan Subgrade dan Unbound Layer

Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1978)

Selanjutnya dalam menganalisa lalulintas untuk penentuan tebal konstruksi perkerasan, didasarkan atas data lalulintas pada lajur rencana atau design lane.

a. Jenis dan volume lalulintas

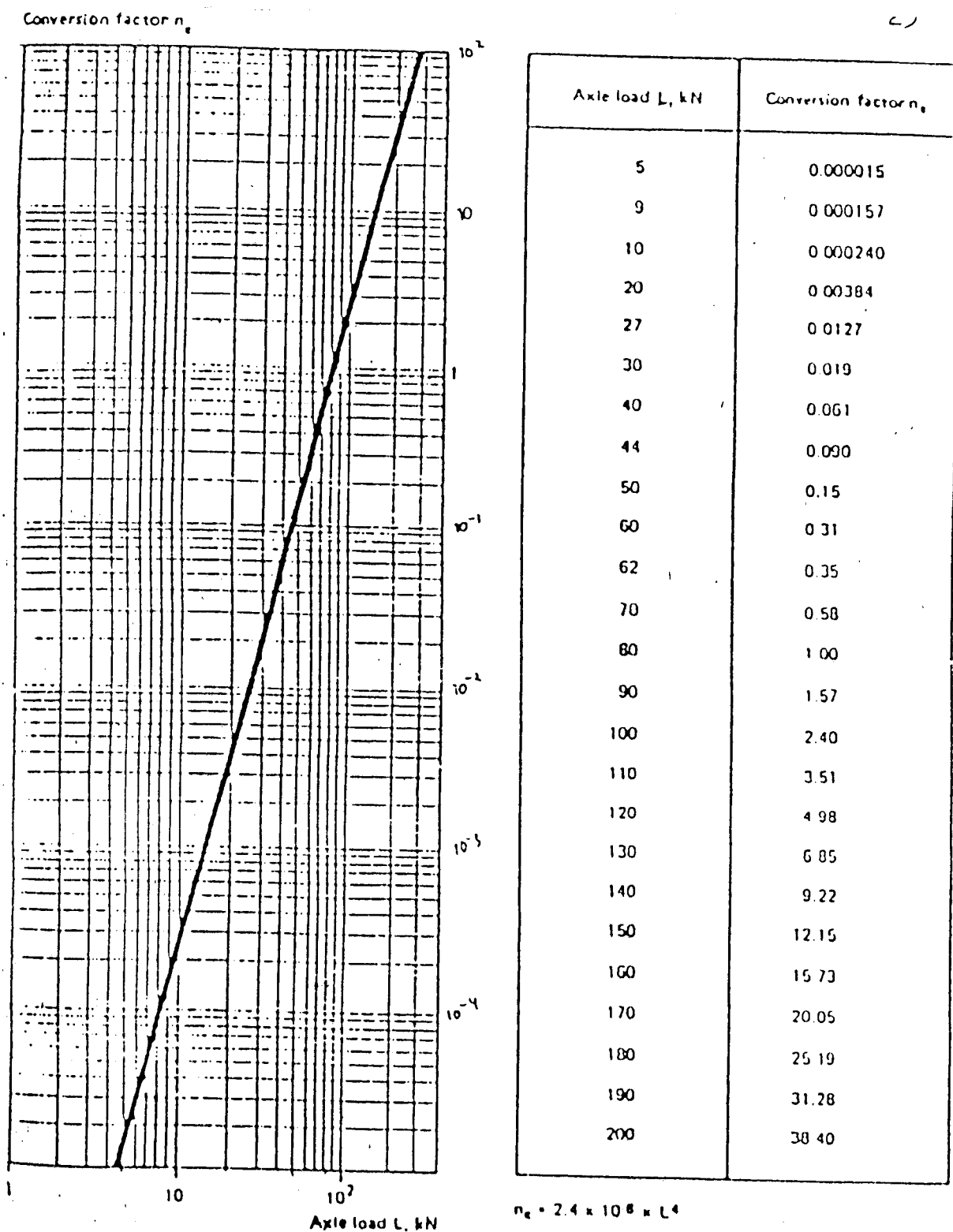
Dalam metoda SHELL 1978 ini, faktor lalulintas dinyatakan sebagai "*comulative equivalent number of standard axle per lane (N)*". Beban gandar yang dipakai adalah sebesar 80 kN, dimana setiap gandar standar dianggap terdiri dari dua roda ganda 20 kN. Masing-masing roda tersebut memberikan tekanan sebesar $6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ terhadap permukaan konstruksi perkerasan.

Beban lalulintas dihitung berdasarkan atas jumlah gandar yang lewat pada lajur rencana. Beban gandar dari kendaraan tersebut dikorelasikan terhadap beban gandar standart 80 kN dengan menggunakan angka konversi ("*Conversion Factor, n_e*") yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan :

$$n_e = 2,4 \times 10^{-8} \times L^4 \dots\dots\dots(3.12)$$

Dalam persamaan tersebut nilai L adalah besarnya beban gandar yang lewat dalam satuan kN. Faktor konversi (n_e) ini bisa juga dicari dengan menggunakan grafik pada gambar 3.6.

Jumlah beban gandar standar yang akan diterima konstruksi selama umur rencana yang disebut pula



Gambar 3.6. Grafik Penentuan Faktor Konversi (n^e)

Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1978)

comulative equivalent number of standard axle, dihitung dengan mengalikan jumlah gandar standar ekivalen per lajur per tahun dengan "*Traffic Summation Factor (g)*". Traffic Summation Factor adalah angka yang menunjukkan berapa kali lipat kendaraan yang akan lewat selama umur rencana dibandingkan dengan lalulintas pada waktu konstruksi mulai dibuka, yang dihitung dengan memakai persamaan :

$$g = \sum_{i=1}^B (1 + 0,01 b)^i \quad \dots\dots\dots(3.13)$$

dengan :

- B = umur rencana
- b = angka pertumbuhan lalulintas
- i = selang waktu (time interval)

b. Kecepatan kendaraan

Kecepatan kendaraan yang digunakan sebagai data dalam perancangan adalah kecepatan kendaraan komersial yang menggunakan lajur rencana. Pengaruh dari kecepatan kendaraan adalah terhadap lama waktu pembebanan, yang akhirnya akan menentukan kekakuan bahan ikat (aspal). Waktu pembebanan terhadap konstruksi oleh kendaraan yang lewat, dihitung dengan menggunakan persamaan :

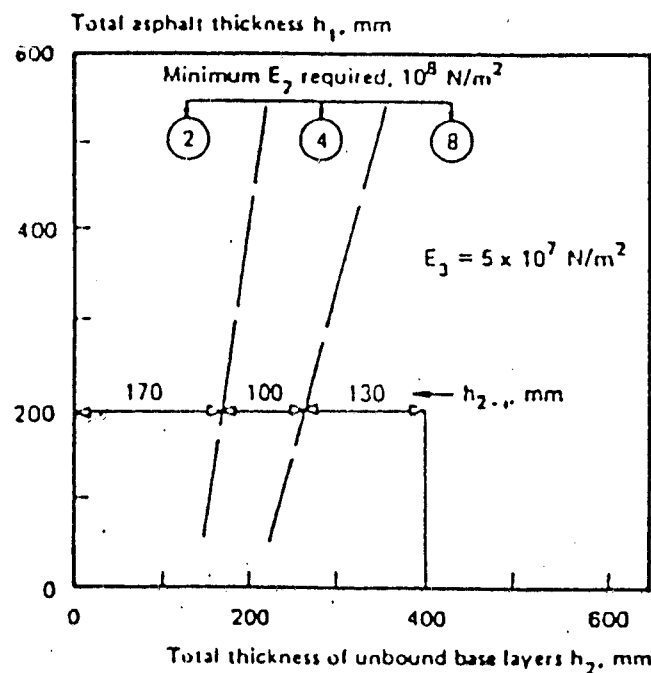
$$t = \frac{1}{v} \quad \dots\dots\dots(3.14)$$

dengan :

- t = waktu pembebanan (detik)
- v = kecepatan kendaraan (km/jam)

3. Material Berbutir

Dalam metoda SHEEL (1978) ini, pada umumnya bagi setiap konstruksi perkerasan lentur, lapis unbound layer terdiri atas dua atau tiga lapis dengan masing-masing punya syarat kepadatan tertentu. Persyaratan kepadatan bagi masing-masing lapisan-lapisan yang tak terikat bahan bitumen ini seperti tampak pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Modulus Dinamik Minimum Unbound Layer

Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1978)

Ukuran dari kekuatan unbound layer dinyatakan dalam nilai modulus dinamiknya (E_2). Grafik korelasi antara nilai modulus dinamik dengan nilai dari cara pengukuran kepadatan yang lain, seperti CBR, R-value dan plate

bearing test telah dibuat untuk memudahkan penentuan kekuatan unbound layer, sebagaimana terlihat pada gambar 3.5. Hal ini dikarenakan untuk mengukur nilai modulus dinamik secara langsung di lapangan cukup sulit dilakukan.

4. Lapis Permukaan Beraspal

Besaran rencana yang menyangkut permukaan beraspal diperoleh dari dua sifat penting yang sangat berpengaruh terhadap kualitas campuran tersebut. Kedua sifat itu adalah kekuatan campuran lapis aspal pada waktu pembebanan yang singkat ("*Mix Stiffness at Short Loading Times*") dan karakteristik kelelahan campuran ("*Fatigue Characteristics*").

Selain dari kedua hal tersebut diatas, untuk bisa menggunakan grafik-grafik penentuan tebal perkerasan dalam metoda SHELL 1978 ini masih diperlukan sebuah data lagi, yaitu tentang penetrasi aspal.

Dari kekuatan campuran, karakteristik kelelahan serta penetrasi aspal, dibuat suatu "*Mix Code*" yang menyatakan kualitas dari lapis aspal. Didalam "*Mix Code*" ini kekakuan campuran lapis aspal pada waktu pembebanan yang singkat dinyatakan sebagai S_1 dan S_2 dan karakteristik kelelahan campuran dinyatakan sebagai F_1 dan F_2 . Sedangkan penetrasi aspal dipisahkan untuk kelompok 50 pen dan 100 pen. Dengan demikian terdapat delapan kemungkinan untuk mix code lapis aspal yaitu :

a. $S_1 - F_1 - 50$



- b. $S_1 - F_1 - 100$
- c. $S_2 - F_1 - 50$
- d. $S_2 - F_1 - 100$
- e. $S_1 - F_2 - 50$
- f. $S_1 - F_2 - 100$
- g. $S_2 - F_2 - 50$
- h. $S_2 - F_2 - 100$

a. Mix Stiffness Characteristics

Kekuatan lapis permukaan beraspal dapat mencapai nilai antara 10^5 N/m² sampai $5 \cdot 10^{10}$ N/m². Setelah dilakukan test "dynamic Loading" oleh SHELL laboratories, terbukti bahwa kekuatan yang relatif tinggi, yaitu antara 10^7 N/m²- $5 \cdot 10^{10}$ N/m², modulus campuran dari permukaan beraspal hanya tergantung pada kekuatan bahan ikat dan volume penyusunnya yang meliputi aspal, agregat dan rongga udara. Sedangkan untuk nilai kekakuan yang rendah, pada temperatur yang tinggi atau pada waktu pembebanan yang panjang, selain tergantung pada kekakuan bahan ikat dan perbandingan volume bahan penyusunnya, modulus campuran tersebut juga tergantung pada gradasi agregat.

Untuk mempermudah dalam penentuan mix code suatu campuran, disajikan pedoman sifat-sifat dari kelompok S_1 dan S_2 , yaitu:

1. Kelompok S_1 : campuran dengan perbandingan volume yang seimbang antara agregat, bitumen dan rongga udara.

2. Kelompok S_2 : campuran yang *open graded* dengan volume bitumen yang sedikit, tetapi terdapat rongga udara yang relatif banyak.

1) Kekakuan bahan ikat aspal

Kekakuan bahan ikat aspal dalam suatu campuran lapis permukaan beraspal bisa berubah yang disebabkan oleh faktor-faktor yang berasal dari bahan aspalnya sendiri atau dari kondisi operasional antara lain :

1. T_{800} , yaitu temperatur pada saat penetrasi aspal mencapai 800 (0,1 mm)
2. Index Penetrasi (PI)
3. Temperatur Lokasi
4. Waktu pembebanan (Time of Loading at Short Time)

Faktor yang berasal dari bahan ikat aspal (T_{800} dan PI) perlu diperhatikan, karena kemungkinan terjadinya suatu proses pengerasan bitumen selama pencampuran dan pemadatan.

Nilai dari T_{800} ini dapat diperoleh dengan melakukan percobaan penetrasi pada beberapa temperatur, kemudian dipakai nomogram seperti pada gambar 3.8. Dengan nomogram yang sama juga akan diperoleh nilai "*Penetration Index*" (PI) dari bahan ikat aspal yang diteliti. Temperatur T_{800} juga dapat didekati dengan temperatur pada titik lembek pada percobaan "*Ring and Ball Test Temperature*" (T_{RB}). Index Penetrasi (PI) dapat juga diperoleh dengan persamaan 3.15.

$$\frac{20 - PI}{10 - PI} = 50 \left(\frac{\log 800 - \log Pen}{T_{RB} - T} \right) \dots\dots\dots 3.15)$$

dengan :

PI = Penetrasi Index

Pen = Penetrasi pada suhu 25°C

T_{RB} = Temperatur pada softening point

T = Temperatur pengujian penetrasi

Waktu pembebanan tergantung pada kecepatan kendaraan yang lewat diatas konstruksi perkerasan. Berdasarkan masukan keempat parameter tersebut diatas kekakuan aspal (S_{bit}) diperoleh dengan menggunakan nomogram pada gambar 3.9. $T_{different}$ merupakan perbedaan temperatur pada titik lembek T_{RB} dengan temperatur operasional perkerasan (T).

2) Perbandingan volume bahan penyusun beton aspal

Beton aspal sebagai lapis keras dari konstruksi jalan mempunyai tiga elemen penyusun yaitu agregat, bahan ikat aspal dan rongga udara. Perhitungan serta notasi bagi masing-masing bahan penyusun campuran lapis permukaan beraspal adalah sebagai berikut :

P_1 = berat agregat g_1

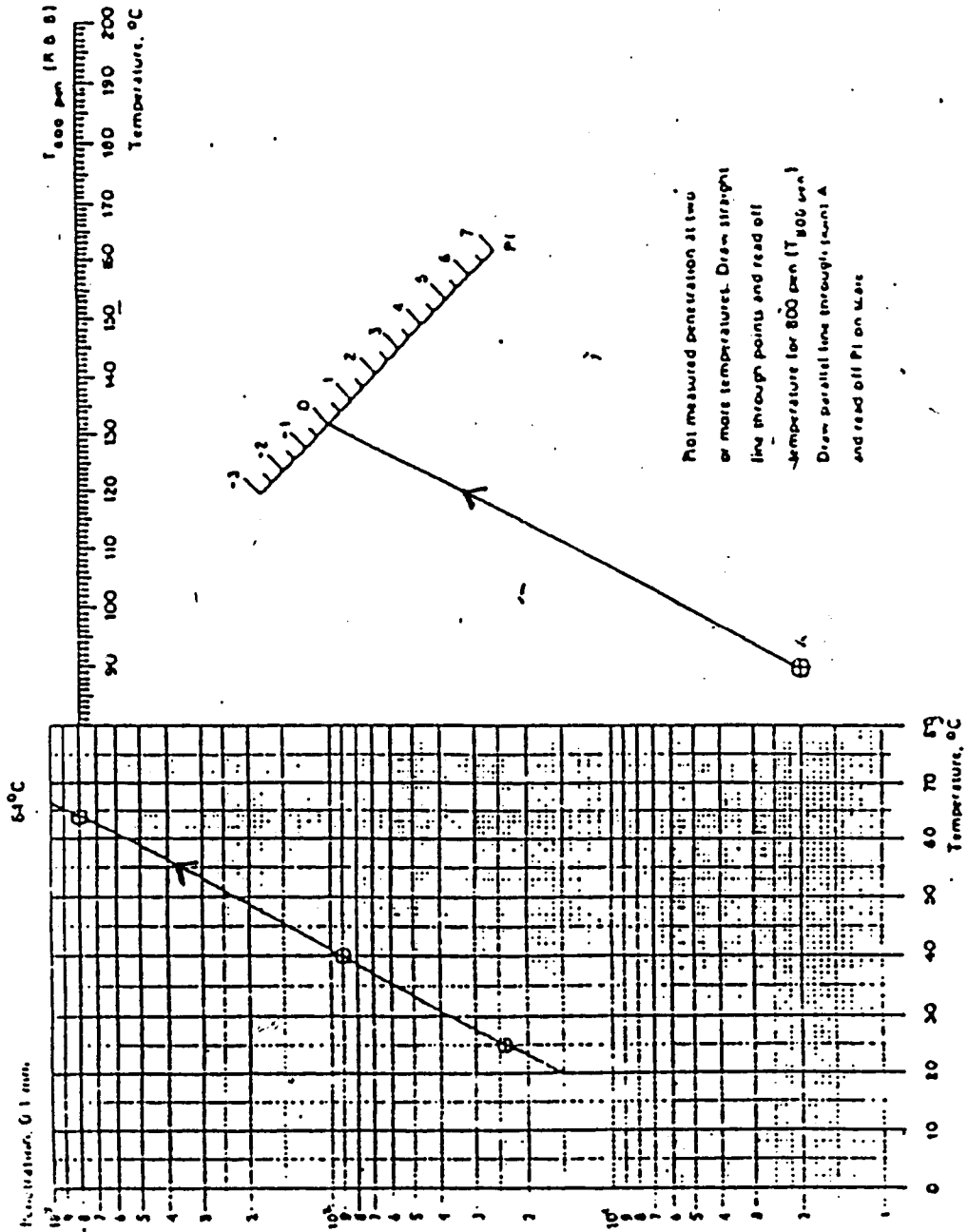
P_i = berat agregat g_i

G_1 = berat jenis agregat g_1

G_i = berat jenis agregat g_i

P_b = persentase aspal terhadap campuran

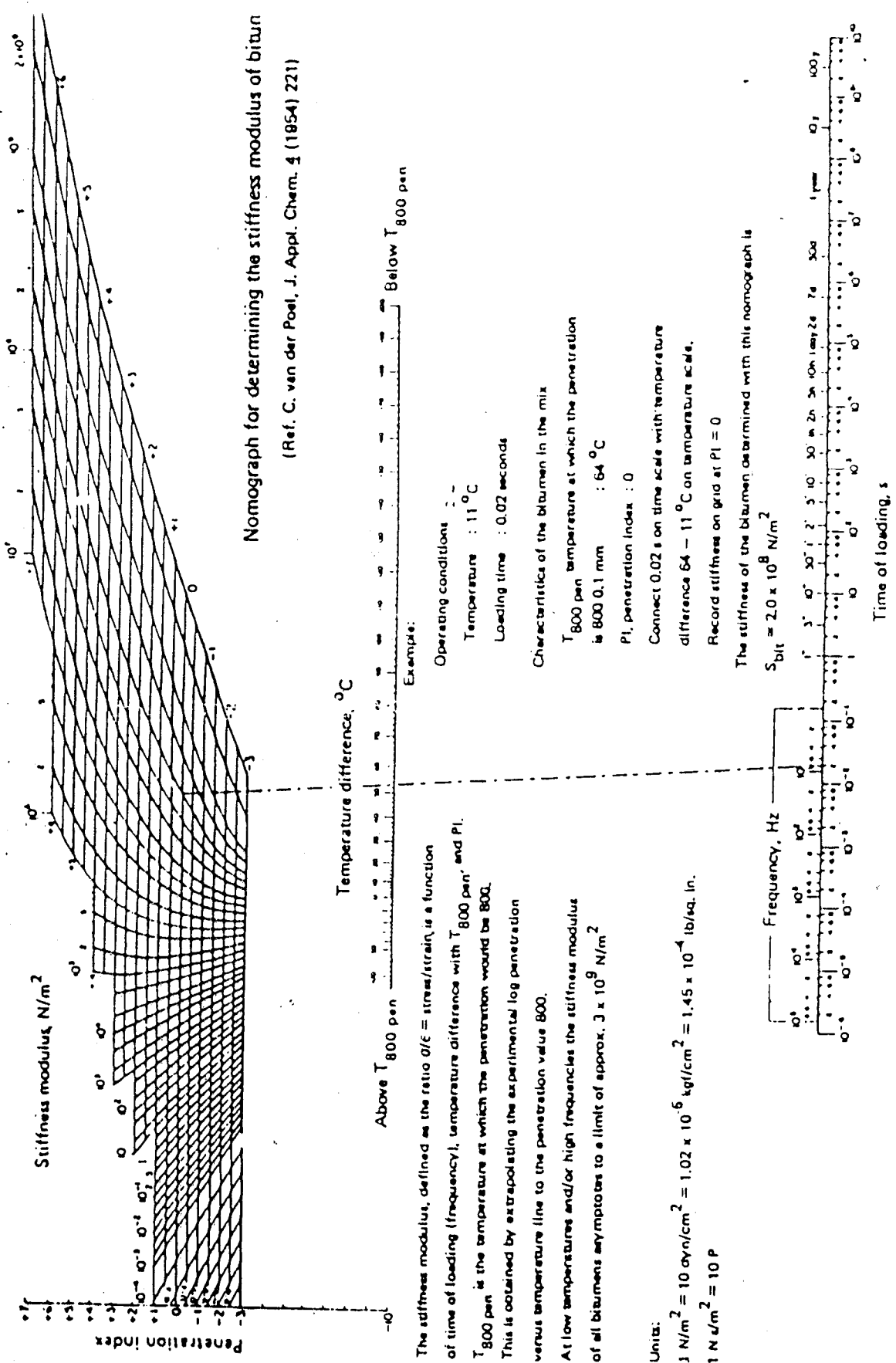
G_b = berat jenis aspal



Cara menggunakan grafik : Tarik garis penetrasi dari dua atau lebih temperatur, buat garis lurus melalui titik-titik tersebut dan baca temperatur untuk 800 pen (T_{800pen}). Buat garis sejajar melalui titik A kemudian baca penetrasi indek (PI) pada skala.

Gambar 3.8.. Nomogram Penentuan T_{800} dan Penetrasi Aspal

Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1978)



Gambar 3.9. Nomogram Penentuan Kekakuan Bahan Ikat Aspal (S_{bit})

Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1978)

Berat jenis agregat, G_{sb} :

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_i}{\frac{P_1}{G_2} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_i}{G_i}} \dots\dots\dots(3.16)$$

Berat jenis maksimum teoritis campuran, G_{mm} :

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{100 - P_b}{G_{sb}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots(3.17)$$

Berat jenis campuran yang sebenarnya, G_{mb} :

G_{mb} = ditentukan dengan percobaan

Berat jenis agregat padat, G_{sc} :

$$G_{sc} = G_{mb} \times \frac{100 - P_b}{100} \dots\dots\dots(3.18)$$

Dari nilai-nilai tersebut dapat ditentukan perbandingan volume campuran :

$$\text{Volume agregat, } V_g = 100 \times \frac{G_{sc}}{G_{sb}} \dots\dots\dots(3.19)$$

$$\text{Volume bitumen, } V_b = 100 \times \frac{G_{mb}}{G_{mm}} - V_g \dots\dots\dots(3.20)$$

$$\text{Volume udara, } V_a = 100 \times \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots\dots\dots(3.21)$$

3) Penentuan Mix Stiffness, S_{mix}

Untuk menentukan angka kekakuan campuran lapis aspal, digunakan nomogram seperti gambar 3.10. Dengan memasukkan parameter yang berupa kekakuan aspal (S_{bs}) dan perbandingan volume dari bahan penyusun campuran lapis aspal, maka angka kekakuan lapis aspal (S_{mix}) dapat ditentukan.

Angka kekakuan (S_{mix}) tersebut kemudian dapat diterapkan pada grafik M_1 dan M_2 sebagaimana terlihat pada lampiran 3 dan lampiran 4, untuk bisa menentukan karakteristik campuran (S_1 atau S_2).

Grafik M_1 merupakan hubungan antara kekakuan (S_{mix}) dan kekakuan bahan ikat aspal (S_{bit}), sedangkan grafik M_2 menunjukkan hubungan antara kekakuan campuran (S_{mix}) dan temperatur pada waktu pembebanan 0,02 detik.

b. Mix fatigue characteristics

Sebagaimana telah diuraikan didepan, bahwa karakteristik kelelahan campuran (Mix fatigue characteristics) dibedakan menjadi dua yaitu kelompok F_1 dan F_2 . Grafik karakteristik kelelahan ini dapat dilihat pada lampiran 5, yaitu grafik M_3 dan M_4 .

Suatu perhitungan pendekatan telah dikembangkan untuk dapat mengetahui karakteristik kelelahan yaitu berdasarkan regangan kelelahan (ϵ_{fat}) yang merupakan fungsi dari kekakuan campuran (S_{mix}), persentase volume bitumen terhadap campuran (V_b) dan pengulangan beban, sebagaimana terlihat pada persamaan 3.22.

$$\epsilon_{fat} = (0,856 V_b + 1,08) S_{mix}^{-0,57} \times N_{fat}^{-0,2} \dots\dots(3.22)$$

Pada perancangan tebal perkerasan, metoda ini telah menyediakan suatu patokan sebagai gambaran dasar untuk mempermudah dalam penentuan karakteristik kelelahan suatu campuran aspal, yaitu :

F_1 : campuran dengan jumlah aspal yang cukup (sekitar

5%) dan kandungan rongga udara antara 2% - 7%.

F₂ : campuran dengan jumlah yang relatif banyak kandungan rongga udaranya, yaitu lebih besar dari 7%.

Dalam perancangan perkerasan, harus dipilih salah satu kurva karakteristik kelelahan tersebut, sesuai dengan campuran rencana yang telah tersedia pada proyek yang bersangkutan.

c. Penetrasi bahan ikat aspal

Salah satu ukuran kekentalan bahan ikat aspal adalah penetrasinya. Penentuan penetrasi aspal, biasanya dilakukan dilaboratorium pada suhu yang tetap, yaitu 25°C. Dalam metoda SHELL 1978 ini bahan ikat aspal dikelompokkan menjadi dua yaitu seperti yang terlihat pada tabel 3.13.

Tabel 3.13. Kekentalan Aspal

| Kelompok | T ₈₀₀ (°C) | Pen ₂₅ (0,1 mm) | PI |
|----------|-----------------------|----------------------------|----|
| 50 pen | 59 | 35 | 0 |
| 100 pen | 53 | 60 | 0 |

Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1978)

Kelompok 50 pen dapat dianggap mewakili aspal dengan penetrasi 40/50, 40/60, 45/60.

Kelompok 100 pen dapat dianggap mewakili aspal dengan penetrasi 80/100, 85/100, 80/120.

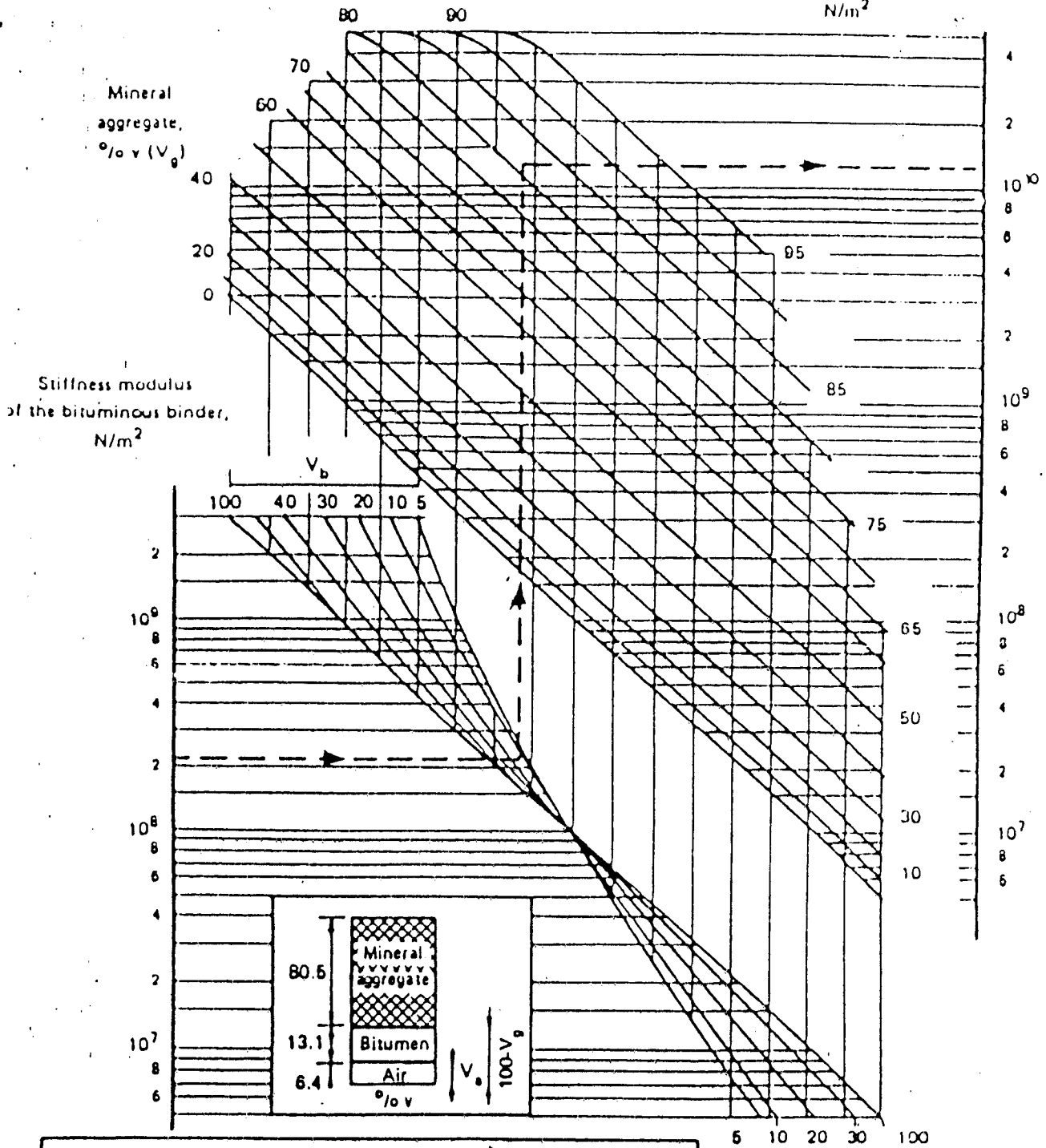
5. Faktor Regional

Faktor regional adalah faktor yang berasal dari luar

konstruksi perkerasan, selain beban lalu lintas. Faktor regional ini biasanya berupa kondisi alami ditempat konstruksi perkerasan berada dan tidak jarang menimbulkan gangguan cukup besar serta mengakibatkan kerusakan yang parah pada konstruksi tersebut.

Pada perancangan perkerasan lentur metoda SHELL (1978) ini, faktor regional yang dianggap penting dan dipakai besaran rencana adalah berupa temperatur udara, karena suhu udara akan berpengaruh pada lapis permukaan beraspal. Temperatur udara sebagai faktor regional yang dipakai sebagai besaran rencana, dinyatakan sebagai "*Weighted Mean Annual Air Temperature (w-MAAT)*". Beban suhu (w-MAAT) merupakan suatu suhu yang diperkirakan dapat mewakili pengaruh suhu pada perkerasan.

Besarnya suhu dihitung dengan menggunakan data suhu rata-rata bulanan, "*Monthly Mean Air Temperature (MMAT)*" yang dapat diperoleh dari badan meterologi. Nilai w-MAAT bukan merupakan nilai rata-rata dari MMAT melainkan merupakan nilai yang dapat diperoleh dengan menggunakan "*Weighting Factor*" seperti pada gambar 3.11.

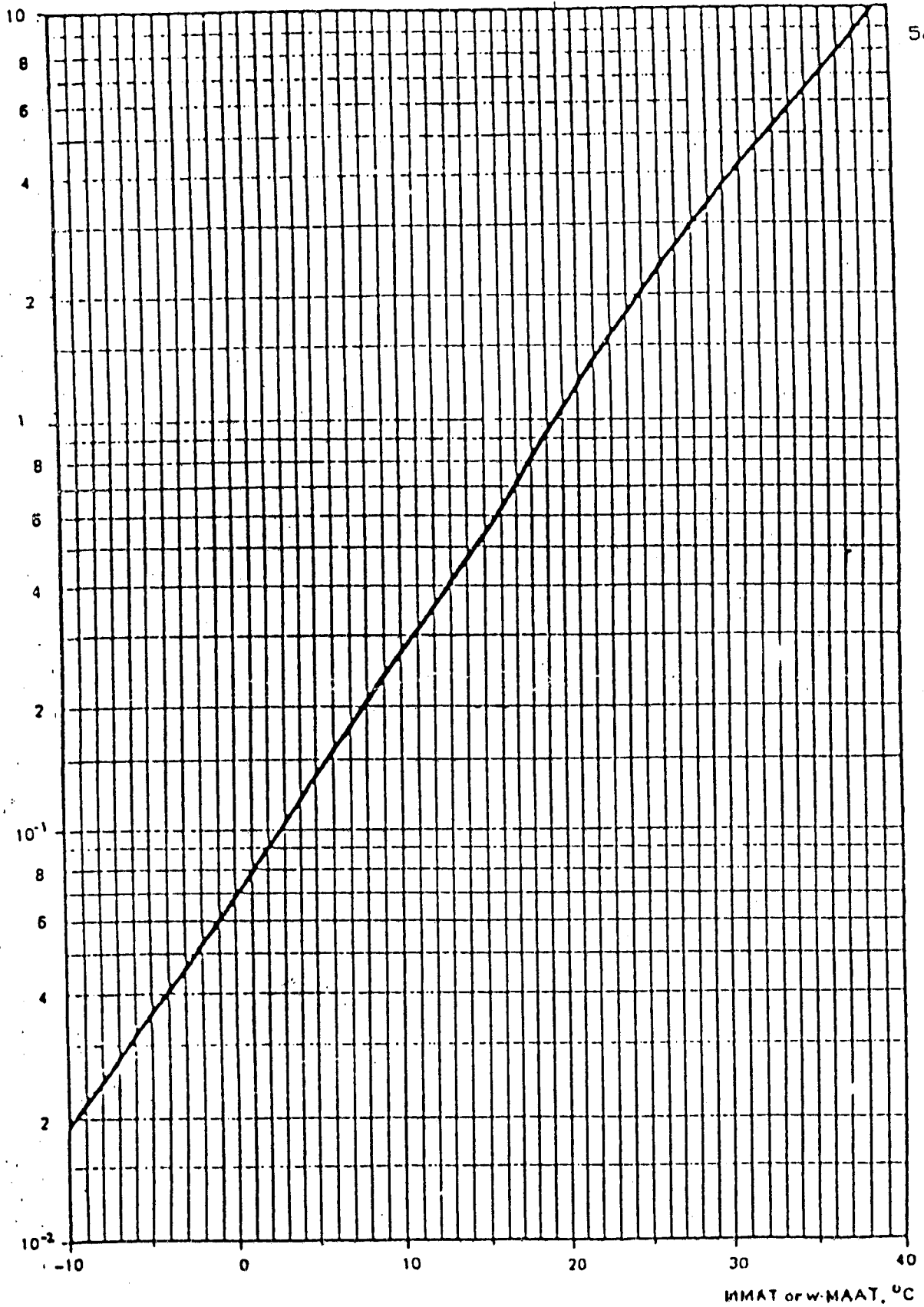


| | |
|--|---|
| e.g. Stiffness modulus of the recovered binder $2 \times 10^8 N/m^2$ | } Stiffness modulus of the mix $1.1 \times 10^{10} N/m^2$ |
| Volume of binder V_b 13.1% | |
| Volume of mineral aggregate V_a 80.5% | |

Bituminous binder,
 $\%$ (V_b)

Gambar 3.10. Nomogram Penentuan S_{mix}

Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1978)



Gambar 3.11. Temperature Weighting Curve
Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1978)

BAB IV
CARA ANALISIS

A. Data Perhitungan

Sesuai dengan yang telah kami sebutkan pada batasan masalah bahwa data lalulintas yang kami pergunakan adalah data lalulintas dari jalan lingkaran utara Yogyakarta yang dilaksanakan pada tahun 1993.

1. Lalulintas

Data lalulintas yang dipakai pada perhitungan ini diambil studi jalan lintas utara dengan perincian sebagai berikut :

a. LHR tahun 1993 :

| | |
|--------------------|-----------------|
| - Kendaraan ringan | 10297 Kendaraan |
| - Bus | 620 Kendaraan |
| - Truck 2 as | 1119 Kendaraan |
| - Truck 3 as | 399 Kendaraan |

b. Faktor pertumbuhan lalulintas (i) 10%

c. Jumlah lajur 2

d. Umur rencana jalan 10 tahun dengan faktor pertumbuhan 8%.

2. Tanah Dasar

Konstruksi perkerasan berada pada kondisi tanah dasar yang berbeda nilai CBR nya. Dari berbagai nilai CBR yang ada maka pada jalan lintas utara didapat nilai

CBR rata-rata untuk tanah dasar 10 %.

3. Faktor Regional

Faktor regional dijalan lintas utara ini dengan curah hujan < 900 mm/th dan suhu rata-rata bulanan seperti terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Suhu rata-rata bulanan di Yogyakarta

| Bulan | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Suhu °C | 26,3 | 26,3 | 26,3 | 26,9 | 27,2 | 26,9 | 25,4 | 26,5 | 26,7 | 27,6 | 27,6 | 26,7 |

Sumber : Badan Meteorologi Pelabuhan Udara Adisutjipto

4. Lapis Material Berbutir

Bahan lapis berbutir adalah sirtu dengan nilai CBR 80 % untuk lapis pondasi atas dan 50 % untuk lapis pondasi bawah.

5. Lapis Aspal

Untuk bahan lapis aspal, dipakai material dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Agregat : Agregat kasar (3/4"-1/2") 38%, (1/2"-3/8") 10 %
pasir 48 % dan filler 4 %
- b. Aspal : 6,5 % dari berat agregat jenis ATB
- c. Berat jenis Aspal : 1,02
- d. Marshall stabiliti : 1232 kg
- e. Berat jenis efektif: 2,732 gr/cc
- f. Berat jenis maksimum campuran : 2,504 gr/cc

g. Berat jenis bulk campuran : 2,310 gr/cc

f. Penyerapan aspal : 1,0 %

Dengan data diatas kita sudah dapat menghitung tebal perkerasan dengan berbagai metode perhitungan.

B. Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Metoda Bina Marga

1987

LHR awal umur rencana (tahun 1998) dengan rumus $(1+i)^n$

- Kendaraan ringan = $10.297 (1 + 0,10)^5 = 16583,5$ kend.
- Bus = $620 (1 + 0,10)^5 = 998,5$ kend.
- Truck 2 as = $1.118 (1 + 0,10)^5 = 1802,2$ kend.
- Truck 3 as = $399 (1 + 0,10)^5 = 546,0$ kend.

LHR pada tahun ke 10 akhir umur rencana didapat :

- Kendaraan ringan = $16583,5 (1 + 0,08)^{10} = 35802,5$ kend.
- Bus = $998,5 (1 + 0,08)^{10} = 2155,7$ kend.
- Truck 2 as = $1802,2 (1 + 0,08)^{10} = 3890,8$ kend.
- Truck 3 as = $546,0 (1 + 0,08)^{10} = 1178,8$ kend.

Besarnya angka ekivalen (E) masing-masing beban menurut tabel 3.3 adalah sebagai berikut.

- Kendaraan ringan 2 ton = $0,0002 + 0,0002 = 0,0004$
- Bus 8 ton = $0,0183 + 0,1410 = 0,1593$
- Truck 2 as 13 ton = $0,1410 + 0,9238 = 1,0648$
- Truck 3 as 20 ton = $0,2932 + 0,7452 = 1,0375$

Besarnya lintas ekivalen permulaan (LEP) :

- Kendaraan ringan = $0,5 \times 16583 \times 0,0004 = 3,3166$
- Bus 8 ton = $0,5 \times 998,5 \times 0,1593 = 79,5305$
- Truck 2 as 13 ton = $0,5 \times 1802,2 \times 1,0648 = 959,4913$

$$- \text{Truck 3 as 20 ton} = 0,5 \times 546 \times 1,0375 = 283,2375$$

$$\text{LEP} = 1325,5759$$

Besarnya lintas ekuivalen akhir (LEA) :

$$- \text{Kendaraan ringan} = 0,5 \times 35802,5 \times 0,0004 = 7,1605$$

$$- \text{Bus 8 ton} = 0,5 \times 2155,7 \times 0,1593 = 171,7015$$

$$- \text{Truck 2 as} = 0,5 \times 3890,8 \times 1,0648 = 2071,4619$$

$$- \text{Truck 3 as} = 0,5 \times 1178,8 \times 1,0375 = 611,5025$$

$$\text{LEA}_{10} = 2861,8264$$

Lintas ekuivalen tengah (LET)

$$\text{LET} = 0,5 \times (\text{LEP} + \text{LEA})$$

$$= 0,5 \times (1325,5759 + 2861,8264) = 2093,7000 \approx 2094$$

Lintas ekuivalen rencana (LER)

$$\text{LER} = \text{LET} \times \frac{\text{UR}}{10}$$

$$= 2094 \times 10/10 = 2094$$

Daya dukung tanah dasar (CBR) 10% dengan grafik gambar 3.1 dikoreksi menjadi daya dukung tanah sebesar DDT = 6.

Dengan faktor regional (FR) = 1 dari tabel 3.6

Indek permukaan (IP) = 2,5 dari tabel 3.4

Jalan direncanakan menggunakan lapis permukaan aspal beton, maka diambil $\text{IPo} \geq 4$ dari tabel 3.5. Dengan menggunakan disign chart lampiran 2 peroleh $\text{ITP} = 8$.

Susunan perkerasan yang direncanakan :

Surface digunakan aspal beton MS 744 $a_1 = 0,4$

tebal minimum 7,5 cm.

Base course digunakan batu pecah CBR 80 % $a_2 = 0,13$
tebal minimum 20 cm

Sub base digunakan sirtu CBR 50 % $a_3 = 0,12$
tebal minimum 10 cm

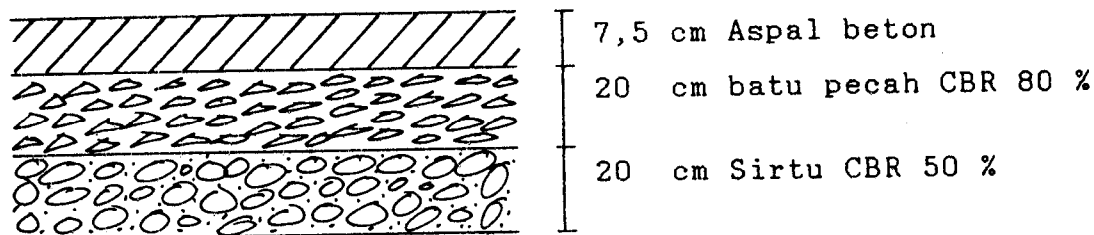
maka :

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

$$8 = 0,4 \times 7,5 + 0,13 \times 20 + 0,12 \times D_3$$

$$D_3 = 20 \text{ cm}$$

Susunan konstruksi tebal perkerasan sebagai berikut :



Gambar 4.1. Susunan lapis perkerasan Bina Marga 1987

C. Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Metoda U.S ARMY CORPS of ENGGINEERS

LHR akhir umur rencana

- Kendaraan ringan = 35802,5 kendaraan.
- Bus = 2155,7 kendaraan.
- Truck 2 as = 3890,8 kendaraan.
- Truck 3 as = 1178,8 kendaraan.

Pembagian distribusi kendaraan yang lewat lajur rencana untuk jalan dua lajur dua arah adalah 50 % untuk kendaraan ringan maupun berat sehingga untuk satu lajur rencana adalah :

- Kendaraan ringan 50% x 35802,5 = 17901,25 kendaraan
- Bus 50% x 2155,7 = 1077,85 kendaraan
- Truck 2 as 50% x 3890,8 = 1945,40 kendaraan
- Truck 3 as 50% x 1178,8 = 589,4 kendaraan

Dengan menggunakan tabel 3.10 dapat dilihat pembagian gandar untuk beberapa jenis kendaraan. Dari beban gandar tersebut kemudian dicari faktor operasinya dengan menggunakan grafik gambar 3.2 sehingga besarnya ITN (Initial Traffic Number) seperti terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Perhitungan ITN

| Beban as (ton) | Faktor operasi | Operasi perhari | Ekiv.operasi perhari |
|---|----------------|-----------------|----------------------|
| As tunggal | | | |
| 0,75 | 0,0003 | 17901,25 | 5,3704 |
| 1,00 | 0,0005 | 17901,25 | 8,9506 |
| 3,00 | 0,015 | 1077,85 | 16,1678 |
| 5,00 | 0,10 | 3023,25 | 302,3250 |
| 7,70 | 0,80 | 589,40 | 471,5200 |
| 8,00 | 1,00 | 1945,40 | 1945,4000 |
| As tandem | | | |
| 12,30 | 1,70 | 589,4 | 1001,9800 |
| Jumlah ekivalen operasi as tunggal 8 ton roda ganda per lajur/hari ITN = 3751,7138 | | | |

ITN x 365 x F

Ekivalen operasi (OE) dapat dihitung dengan rumus :

$$OE = ITN \times 365 \times F$$

dari tabel 3.9 didapat nilai F = 15,05 untuk masa rencana 10 tahun dan R = 8 %.

$$OE = 3751,7138 \times 365 \times 15,05 = 2,06 \times 10^7$$

Dengan menggunakan grafik gambar 3.4 didapat tebal perkerasan yang diperlukan (cm) seperti di bawah ini.

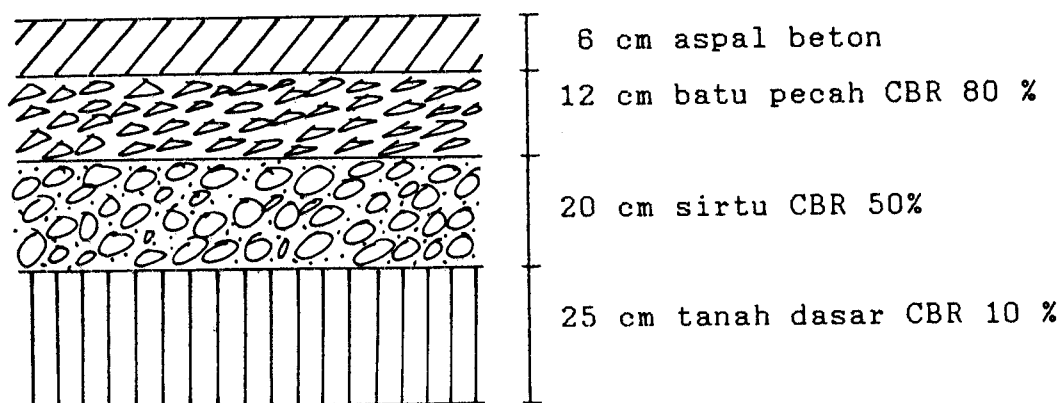
| OE | CBR | 5 | 10 | 50 |
|----|--------------------|----|----|----|
| | $2,06 \times 10^7$ | 63 | 38 | 9 |

Setelah diperhitungkan pembatasan tebal minimum yang disarankan pada tabel 3.12 didapat tebal masing-masing lapisan :

| | | | |
|-------------------|---|---------------------|-------|
| Permukaan | : | aspal beton | 6 cm |
| Pondasi atas | : | batu pecah CBR 80 % | 12 cm |
| Pondasi bawah | : | sirtu CBR 50 % | 20 cm |
| Improve sub grade | : | | 25 cm |

63 cm

Susunan konstruksi tebal perkerasan sebagai berikut :



Gambar 4.2. Susunan lapis perkerasan U.S ARMY

D. Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Metoda SHELL 1978

1. Tanah Dasar

Tanah dasar tempat konstruksi perkerasan berada mempunyai nilai CBR 10 %, maka dengan gambar pada 3.5 diperoleh nilai modulus dinamik sebesar 10^8 N/m^2 .

2. Lalulintas

Data lalulintas dihitung dengan tingkat pertumbuhan 8% selama 10 tahun didapat jumlah masing-masing kendaraan.

- Kendaraan ringan (1 + 1) 35802,5 kendaraan
- Bus (3 + 5) 2155,7 kendaraan
- Truck 2 as (5 + 8) 3890,8 kendaraan
- Truck 3 as (7,7 + 12,30) 1178,8 kendaraan

Jumlah kumulatif beban gandar standar selama umur rencana seperti terlihat pada tabel 4.3. di bawah ini.

Tabel 4.3. Jumlah Beban Gandar Standar

| Beban gandar kN (1) | Jumlah gandar/ lajur/hari (2) | Faktor konversi (3) | (4)=(2)x(3) |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------|
| 9,8 | 35802,500 | 0,0002 | 7,1605 |
| 29,4 | 1077,850 | 0,0179 | 19,2937 |
| 49,0 | 3023,250 | 0,1384 | 418,4178 |
| 68,6 | 589,400 | 0,5315 | 313,2611 |
| 78,4 | 1945,400 | 0,9067 | 1763,8942 |
| 120,5 | 589,400 | 5,0735 | 2990,3209 |
| Total jumlah gandar/lajur/hari = | | | 5512,3482 |

Dihitung total jumlah gandar/lajur/tahun yaitu :

$$5512,3482 \times 365 = 2,01 \times 10^6$$

Jadi nilai angka ekuivalen gandar tiap lajur secara keseluruhan (Cumulative Equivalent Number of 80 kN

Standart Axle per Lane) :

$$N = 2,01 \times 10^6$$

3. Material Berbutir

Bahan untuk material berbutir ini adalah batu pecah dengan CBR 80 %, dari grafik gambar 3.5 didapat nilai E sebesar $8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

4. Lapis Permukaan Beraspal

Diambil $G_B = 1,02$ (ketentuan bila spesifikasi grafity tidak diketahui).

P_{ba} = aspal yang terabsosi agregat = 1 %.

$$P_{ba} = 100 \left(\frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \right) G_B$$

$$1 = 100 \left(\frac{2,732 - G_{sb}}{2,732 \times G_{sb}} \right) 1,02$$

$$G_{sb} = 2,6607$$

Berat jenis campuran = $G_{mm} = 2,504 \text{ gr/cc}$

Berat jenis campuran sesungguhnya = $G_{mb} = 2,310 \text{ gr/cc}$

Berat jenis agregat padat :

$$\begin{aligned} G_{sc} &= G_{mb} \left(\frac{100 - P_b}{100} \right) \\ &= 2,310 \left(\frac{100 - 6,5}{100} \right) = 2,1599 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

Dengan diketahuinya berat jenis dari bahan-bahan tersebut, maka perbandingan bahan penyusun lapis permukaan beraspal dapat dicari yaitu :

$$V_g = 100 \frac{2,1599}{2,6607} = 81,20 \%$$

$$V_b = 100 \frac{2,310}{2,504} - 81,20 = 11,10 \%$$

$$V_a = 100 \left(1 - \frac{2,310}{2,504} \right) = 7,70 \%$$

5. Faktor regional

Suhu rata-rata bulanan di Yogyakarta seperti pada tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4. Weighting Factor Suhu Rata-rata Bulanan di Yogyakarta

| Bulan | MMAT (° C) | Weighting factor |
|-----------|------------|------------------|
| Januari | 26,3 | 2,4 |
| Februari | 26,3 | 2,4 |
| Maret | 26,3 | 2,4 |
| April | 26,9 | 2,7 |
| Mei | 27,2 | 2,8 |
| Juni | 26,9 | 2,7 |
| Juli | 25,4 | 2,1 |
| Agustus | 26,5 | 2,5 |
| September | 26,7 | 2,6 |
| Oktober | 27,6 | 2,9 |
| Nopember | 27,6 | 2,9 |
| Desember | 26,7 | 2,6 |
| | | 31 |

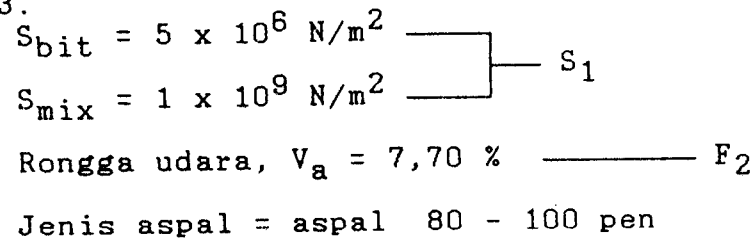
Rata-rata weighting factor = $31/12 = 2,58$

Dengan gambar 3.11 didapat w-MMAT = 27°C.

Berdasarkan data temperatur 28°C, loading time 0,02 detik, $T_{800} = 53^\circ\text{C}$, serta penetration index (0,0), dapat diketahui nilai S_{bit} dan S_{mix} . Untuk suhu 28°C dari grafik gambar 3.9 kekakuan bitumen (S_{bit}) = $5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Sedangkan dari grafik gambar 3.10 didapat kekakuan campuran

lapis aspal (S_{mix}) = $1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.

Untuk menentukan Mix code digunakan grafik pada lampiran 3.



Jenis aspal = aspal 80 - 100 pen

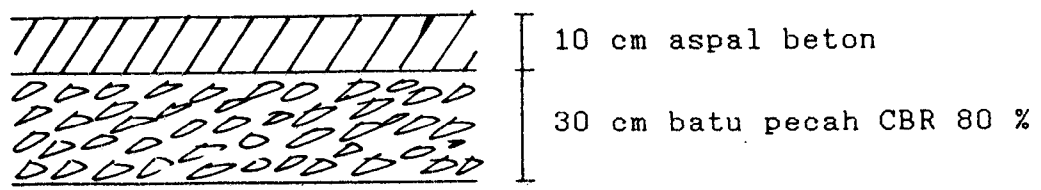
Maka Mix code yang didapat dan digunakan untuk memilih grafik penentuan tebal perkerasan pada suhu 28°C adalah $S_1 - F_2 - 100_{pen}$.

6. Penilaian Grafik Penentuan Tebal Perkerasan

Berdasarkan data beban suhu w-MAAT 28°C , Mix code $S_1 - F_2 - 100_{pen}$ serta tanah dasar dengan CBR 10% ($E = 10^8 \text{ N/m}^2$), dipilih grafik yang sesuai seperti terlihat pada lampiran 6 maka didapat hasil tebal perkerasan :

$D_1 = 10 \text{ cm}, D_2 = 30 \text{ cm} .$

Susunan konstruksi tebal perkerasan sebagai berikut :



Gambar 4.3. Susunan lapis perkerasan SHELL 1978

E. Perbandingan Tebal Perkerasan

Dari hasil perhitungan tebal perkerasan ketiga metoda diatas, maka dapat dibandingkan ketebalannya seperti pada tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Ketebalan

| Lapisan Perkerasan | BM 1987 | U.S ARMY | SHELL |
|-------------------------------|---------|----------|-------|
| Surfase (aspal beton) | 7,5 cm | 6 cm | 10 cm |
| Pond.atas (batu pecah CBR 80) | 20 cm | 12 cm | 30 cm |
| Pond.bawah (sirtu CBR 50) | 20 cm | 20 cm | - |

Dari tabel diatas terdapat perbedaan yang menyolok terutama pada lapisan surface metode U.S. ARMY yang memiliki ketebalan lebih tipis dibanding dengan metode SHELL dan Bina Marga. Untuk lapis pondasi dengan CBR 80% yang paling tipis juga metoda U.S ARMY dan lapis pondasi dengan CBR 50% antara metoda Bina Marga dan U.S ARMY memiliki ketebalan yang sama sedang metoda SHELL ketebalan pondasi tidak dibagi dua lapis tetapi tetap satu lapis dengan nilai CBR 80%. Tetapi secara keseluruhan ketebalan pondasi metoda SHELL lebih tipis dibanding dengan kedua metoda diatas.

F. Perbandingan Biaya Konstruksi

Untuk perbandingan biaya konstruksi ketiga metoda ini digunakan harga satuan dari periode yang sama. Analisa perkerasan dihitung untuk harga permeter persegi, tetapi hanya pada pekerjaan perkerasan saja. Sedangkan pekerjaan lainnya tidak kami perhitungkan. Adapun besarnya harga

satuan yang digunakan adalah :

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| - Asphalt Treated Base | Rp 133.598,27/m ³ |
| - Base Course klas A | Rp 20.019,76/m ³ |
| - Sub base course klas B | Rp 17.961,83/m ³ |

Harga-harga tersebut sudah termasuk biaya penghamparan dan pemadatan.

1. Analisis Harga Bina Marga 1987

| | |
|--------------------|--|
| - Surface | : 0,075 x 1 x Rp 133.589,27 = Rp 10.019,88 |
| - Base course | : 0,20 x 1 x Rp 20.019,76 = Rp 4.003,88 |
| - Sub base course: | 0,20 x 1 x Rp 17.961,83 = Rp 3.592,36 |

Jumlah = Rp 17.616,12

2. Analisis Harga U.S ARMY

| | |
|--------------------|--|
| - Surface | : 0,06 x 1 x Rp 133.589,27 = Rp 8.015,91 |
| - Base course | : 0,12 x 1 x Rp 20.019,76 = Rp 2.402,37 |
| - Sub base course: | 0,20 x 1 x Rp 17.961,83 = Rp 3.592,36 |

Jumlah = Rp 14.010,64

3. Analisis Harga SHELL 1978

| | |
|---------------|---|
| - Surface | : 0,10 x 1 x Rp 133.589,27 = Rp 13.358,93 |
| - Base course | : 0,30 x 1 x Rp 20.019,76 = Rp 6.005,93 |

Jumlah = Rp 19.364,86

Ternyata dari segi biaya konstruksi yang paling murah adalah metoda U.S ARMY. Kalau dilihat secara prosentase bila dibandingkan terhadap metode U.S ARMY adalah :

$$\text{- Bina Marga 1987} = \frac{14.010,64}{17.616,12} \times 100 \% = 79,53 \%$$

$$\text{- SHELL 1978} = \frac{14.010,64}{19.364,86} \times 100 \% = 72,35 \%$$

Selisih harga yang terjadi antara metoda :

$$\text{- U.S ARMY dengan Bina Marga 1987} = 20,47 \%$$

$$\text{- U.S ARMY dengan SHELL 1978} = 27,65 \%$$

BAB V
HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Perbandingan Teori

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penentuan tebal perkerasan yang sama-sama dibahas pada ketiga metoda diatas, meliputi lalulintas dan tanah dasar sedang faktor regional berpengaruh pada penentuan tebal perkerasan metoda Bina Marga 1987 dan SHELL 1978.

1. Lalulintas

a. Metoda Bina Marga 1987

Dari faktor lalulintas parameter yang dianggap penting adalah Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan, angka ekivalen beban sumbu kendaraan serta lalulintas harian rata-rata. Jumlah lajur ditentukan berdasarkan lebar perkerasan sedang koefisien distribusi kendaraan dibagi untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana. Angka ekivalen beban sumbu kendaraan terdiri dari sumbu tunggal dan sumbu ganda. Lalulintas harian rata-rata dari setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana.

b. Metoda U.S. ARMY

Dalam metode ini parameter yang dianggap penting adalah lalulintas harian rata-rata dan faktor perkembangan

lalulintas. LHR ditentukan pada awal umur rencana jalan dan dikonversikan dengan faktor perkembangan pada masa tertentu dimana besarnya faktor perkembangan ditentukan oleh besarnya angka pertumbuhan lalulintas dan waktu pertumbuhan. Lalulintas perlajur perhari diambil 50 % dari total LHR perlajur perhari.

c. Metoda SHELL

Dalam metode SHELL ini parameter lalulintas yang dianggap penting adalah beban gandar kendaraan dan kecepatan kendaraan. Beban sumbu kendaraan dikonversikan terhadap beban standar 80 kN dengan memakai Conversion Factor (n_e). Kecepatan kendaraan akan berpengaruh terhadap waktu pembebanan yang akan mempengaruhi nilai S_{mix} .

2. Tanah Dasar

a. Metoda Bina Marga 1987

Daya dukung tanah dasar ditetapkan berdasarkan grafik korelasi DDT dan CBR. CBR yang dimaksud disini adalah CBR rata-rata tanah dasar.

b. Metoda U.S. ARMY

Dalam metoda ini tanah dasar dibedakan nilai CBRnya untuk tanah dasar asli dan tanah dasar yang dipadatkan. Besarnya kedua nilai CBR tanah dasar ini mempengaruhi

dalam perhitungan tebal perkerasan.

c. Metoda SHELL 1978

Penentuan kekuatan tanah dasar dilakukan dengan alat vibrasi khusus yang dibuat oleh SHELL laboratories. Kekuatan dari tanah dasar dinyatakan dalam nilai modulus dinamik (E_3).

3. Faktor Regional

faktor regional hanya berpengaruh pada penentuan tebal perkerasan metoda Bina Marga 1987 dan SHELL 1978.

a. Metoda Bina Marga 1987

Besarnya faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinemen (kelandaian dan tikungan), prosentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan).

b. Metoda SHELL 1978

Faktor regional yang diperhitungkan adalah suhu lingkungan ditempat konstruksi berada. Karena faktor suhu dijadikan besaran rencana pada metoda ini, maka harus dicari dahulu besarnya temperatur yang diperkirakan atau dianggap berpengaruh terhadap konstruksi perkerasan selama masa pelayanannya. Beban suhu ini dinyatakan dalam w-MAAT.

B. Perbandingan Tebal Perkerasan

Dari perhitungan penentuan tebal konstruksi perkerasan yang dilakukan dengan metoda Bina Marga 1987, U.S ARMY dan SHELL 1978 nampak bahwa hasil ketebalan konstruksi perkerasan berbeda. Metoda U.S ARMY ternyata memiliki ketebalan lapis permukaan lebih tipis dibandingkan dengan metoda Bina Marga 1987 dan SHELL 1978. Metoda SHELL memiliki ketebalan lapis material berbutirnya lebih tipis dibanding metoda Bina Marga dan U.S. ARMY. Selisih tebal surface course metoda bina marga terhadap metoda U.S.ARMY sebesar 20 % dan untuk metoda SHELL terhadap metoda U.S. ARMY 40 %. Selisih tebal material berbutir untuk metoda U.S. ARMY terhadap SHELL sebesar 6,3% dan metoda Bina Marga terhadap SHELL sebesar 20%. Namun hal ini adalah wajar karena metoda tersebut berasal dari negara yang berbeda. Bina Marga berasal dari dinas pekerjaan umum Indonesia, U.S ARMY berasal dari Amerika dan SHELL berasal dari Shell International Petroleum Company Limited, London.

Perbedaan ketebalan konstruksi itu berasal dari perbedaan dalam hal peninjauan terhadap lalulintas, tanah dasar, dan faktor regional. Dalam metoda U.S ARMY tidak ada peninjauan terhadap faktor regional. Sebaliknya pada metoda Bina Marga 1987 dan SHELL 1978 faktor regional sangat berpengaruh dalam penentuan tebal perkerasan.

C. Perbandingan Biaya Konstruksi

Dalam perancangan suatu konstruksi segi yang harus dipikirkan adalah aman, nyaman dan ekonomis. Bila hanya meninjau aman dan nyamannya saja tanpa meninjau segi ekonomisnya maka pemborosan dan kerugian yang akan kita dapatkan. Dari hasil perhitungan ketebalan ketiga metoda tersebut diatas, didapat harga surface course metoda U.S ARMY lebih rendah dari pada metoda Bina Marga dan SHELL sedangkan pada material berbutir harga terendah juga ada pada metoda U.S. ARMY . Secara keseluruhan harga untuk ketiga metoda tersebut untuk Bina Marga Rp 17.616,12 /m², U.S ARMY Rp 14.010,64 /m² dan SHELL Rp 19.364,86 /m². Dari ketiga harga tersebut metoda U.S ARMY 20,47% lebih murah dibandingkan metoda Bina Marga dan 27,65 % lebih murah dibandingkan metoda SHELL.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya akhirnya dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Dilihat dari ketebalannya ternyata yang paling efisien adalah metoda U.S ARMY. Untuk lapis permukaannya bila dibandingkan dengan metoda Bina Marga 1987 ternyata selisih tebalnya sebesar 20 % dan bila dibandingkan dengan metoda SHELL 1978 selisih tebalnya 40 %. Sedangkan untuk lapis pondasinya yang paling tipis adalah metoda SHEEL.
2. Yang paling ekonomis dari ketiga metoda tersebut juga metoda U.S ARMY. Selisih harga terhadap metoda Bina Marga 1987 adalah sebesar 20,47 %. Sedangkan dengan metoda SHELL 1978 27,65%.
3. Faktor regional tidak terdapat dalam metoda U.S ARMY sehingga tidak dapat digunakan di Indonesia yang mempunyai iklim tropis meskipun tebal perkerasannya relatif lebih tipis dan harganya lebih murah.
4. Metoda SHELL sebaiknya digunakan untuk perancangan jalan yang relatif datar serta drainasinya baik, ini dikarenakan faktor regional yang diperhitungkan dalam metoda tersebut hanya faktor suhu lingkungan saja sedangkan untuk jalan raya pada daerah yang banyak tanjakan

serta banyak hujan atau drainasi jalan yang tidak baik menggunakan metoda SHELL adalah tidak sesuai.

B. Saran

1. Penggunaan metoda perhitungan tebal perkerasan yang berasal dari luar negeri hendaknya diteliti terlebih dahulu apakah sesuai dengan kondisi di Indonesia atau tidak. Dan bila diperlukan dapat diberikan penyesuaian agar sesuai dengan kondisi lalu lintas dan keadaan alam di Indonesia.
2. Perlu kajian yang lebih mendalam untuk ruas-ruas jalan yang lain yang memiliki karakteristik lalu lintas dan kondisi alam yang berbeda agar dapat diketahui hasil untuk semua kondisi yang ada sehingga bisa kita ketahui metoda perhitungan yang cocok dengan kondisi di Indonesia.
3. Metoda Bina Marga 1987 merupakan penyempurnaan dari metoda Bina Marga sebelumnya dan lebih cocok dipakai untuk kondisi di Indonesia.

PENUTUP

Akhirnya penyusunan laporan Tugas Akhir ini dapat kami selesaikan dengan waktu yang telah direncanakan. Mengingat keterbatasan waktu, pengetahuan dan pengalaman, maka penyusun menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan-kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi perbaikan laporan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari akan keterbatasan bekal ilmu yang kami dapatkan dibangku kuliah untuk menyusun Tugas Akhir ini, namun berkat kesungguhan, kemauan yang ada pada penyusun, bimbingan dari dosen pembimbing, do'a dari kedua orang tua serta bantuan dari beberapa instansi yaitu : Dinas Pekerjaan Umum Yogyakarta, Badan Meteorologi Dan Lanud Adisutjipto Yogyakarta. Untuk itu kepada semua pihak yang telah membantu penyusun mengucapkan banyak terima kasih.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini memberi sumbangan pemikiran dan dapat bermanfaat bagi kita semua, Amiin.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, Kumpulan SNI Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Perkerasan Jalan, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Bina Marga, Perencanaan Perkerasan Jalan U.S Army Corps of Engineers, Jakarta.
- SHELL Petroleum Company Limited, 1978, SHELL Pavement Design Manual, SHELL Petroleum Company Limited, London.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1983, Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya No. 01/PD/B/1983, Jakarta.
- Balya Umar, Diktat Kuliah Jalan Raya II, JTS FTSP UII, Yogyakarta.
- Suprpto, Tm., Diktat Kuliah Jalan Raya III, JTS FTSP UII, Yogyakarta.
- Sukirman S, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung.
- Djarmiko, W.Y., 1989, Tinjauan Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode SHELL, JTS FT UGM, Yogyakarta.

LAMPIRAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JUR. TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

lampiran 1

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

| No. | Nama | No. Mhs. | N.I.R.M. | Bidang Studi |
|-----|-------------|----------|----------|--------------|
| 1. | IMAM WIDODO | 88310183 | | TRANSPORTASI |
| 2. | FATINA ARDI | 88310011 | | TRANSPORTASI |

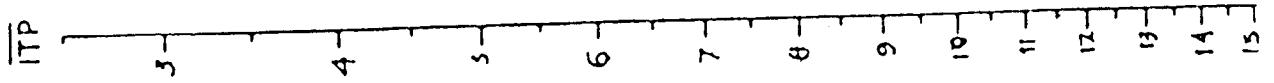
Dosen Pembimbing : IR. H. WARDHANI SARTONO, MSC.
Asisten Dosen Pembimbing : IR. H. BALYA UMAR, MSC.



Yogyakarta, 09 Mei 1994
an. Dekan.

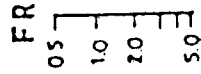
KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL,

(IR. Bambang Sulistiono, MSCE.)

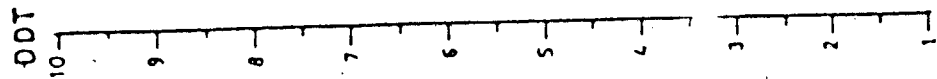
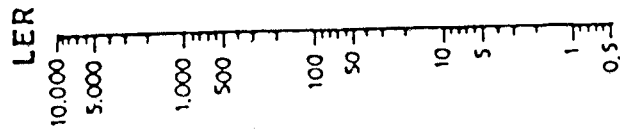
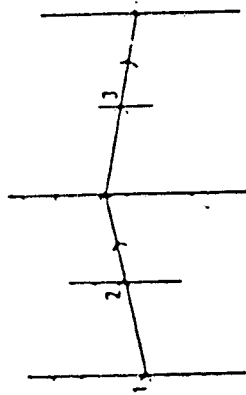
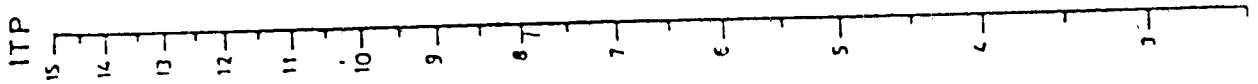


$$G = \log \left(\frac{IP_2 - IP_1}{4.2 - 1.5} \right) = n (\log w - \log f)$$

$P = 0.161$
 $IP_1 = 2.5$
 $IP_2 = 3.4$



Nomogram 1



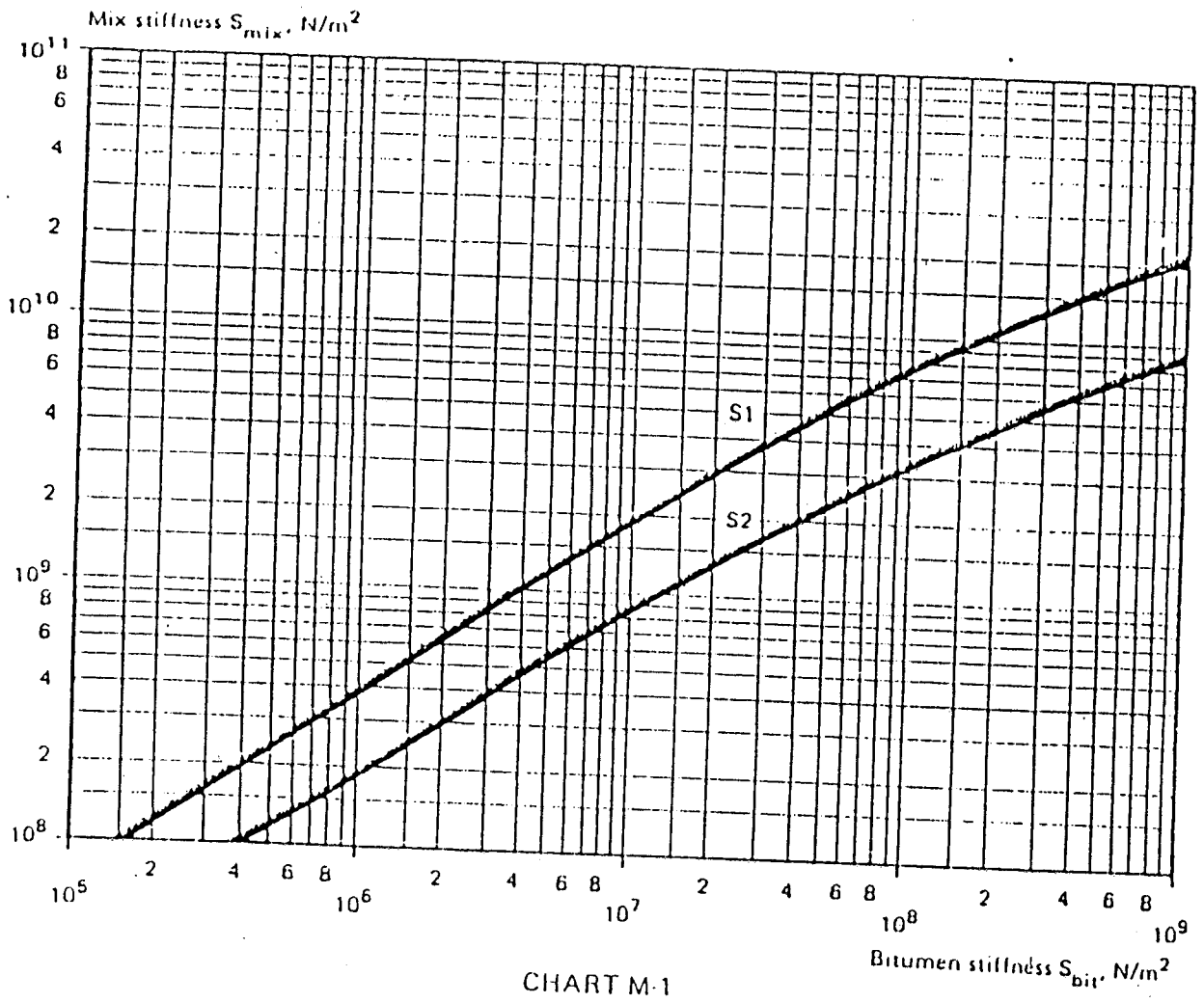


CHART M-1

Characteristic relationships between mix stiffness and bitumen stiffness

Modulus of Elasticity (E) in kg/cm^2

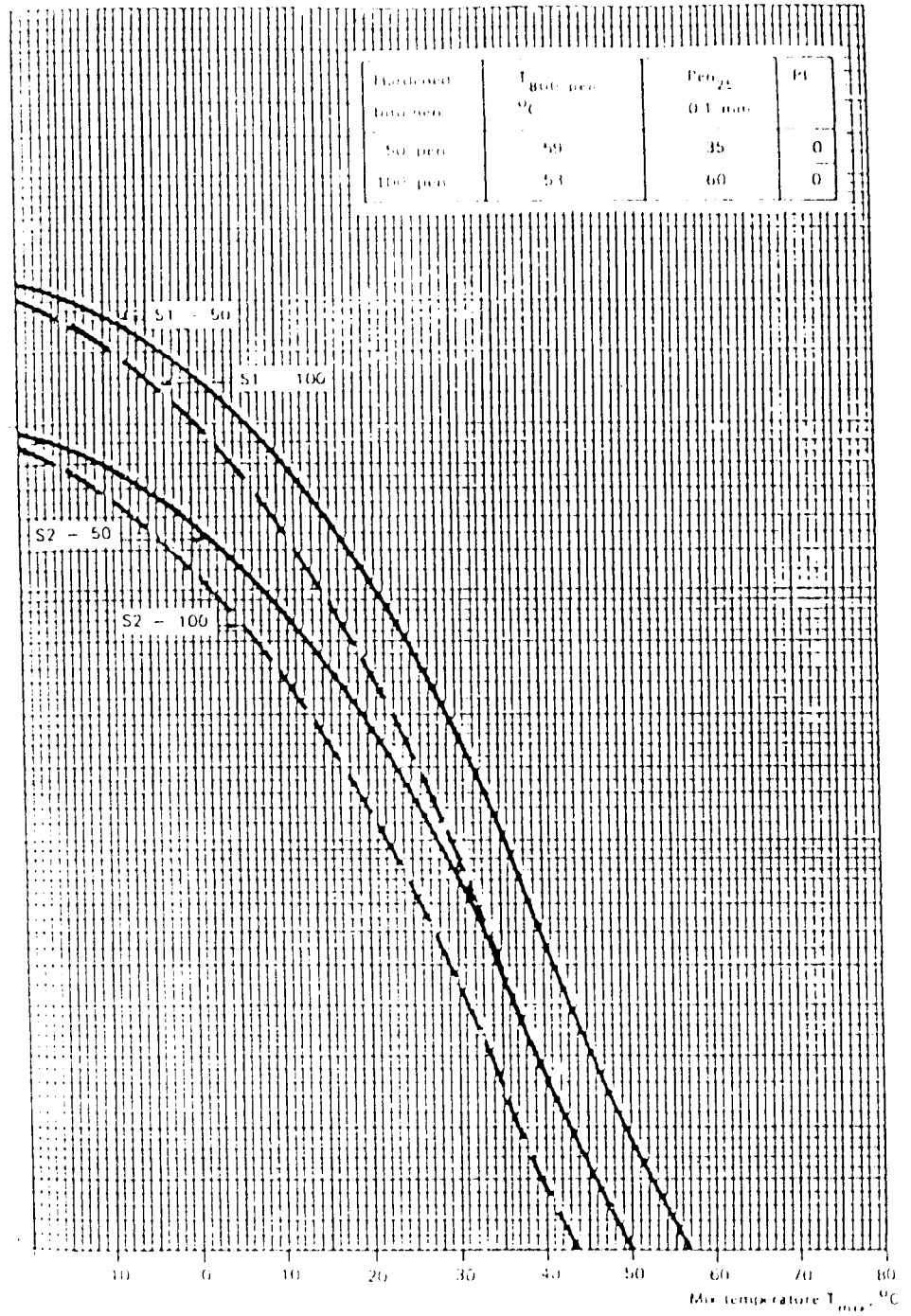


CHART 13.2

Characteristic relationships between mix stiffness and mix temperature

Loading rate: 0.02 s

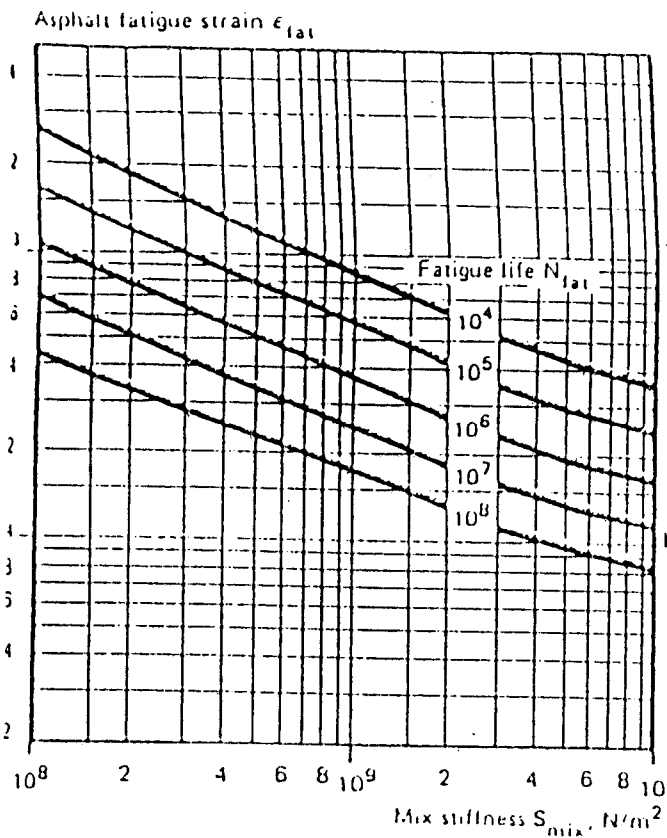


CHART M-3

Asphalt fatigue characteristics F1

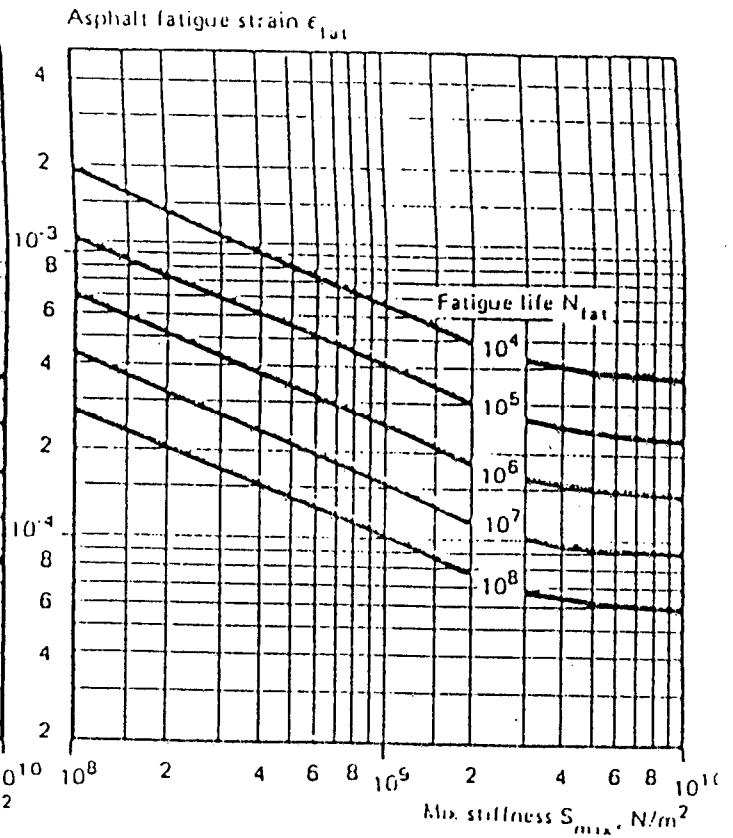


CHART M-4

Asphalt fatigue characteristics F2

○ Minimum modulus of unbound base layers, 10^B N/m²

| | | | |
|------------|---------------|------------------------------------|----------|
| Mix code | S1 - F2 - 100 | Subgrade modulus, N/m ² | 10^8 |
| w-MAAT, °C | 28 | Number of 80 kN standard axles | variable |

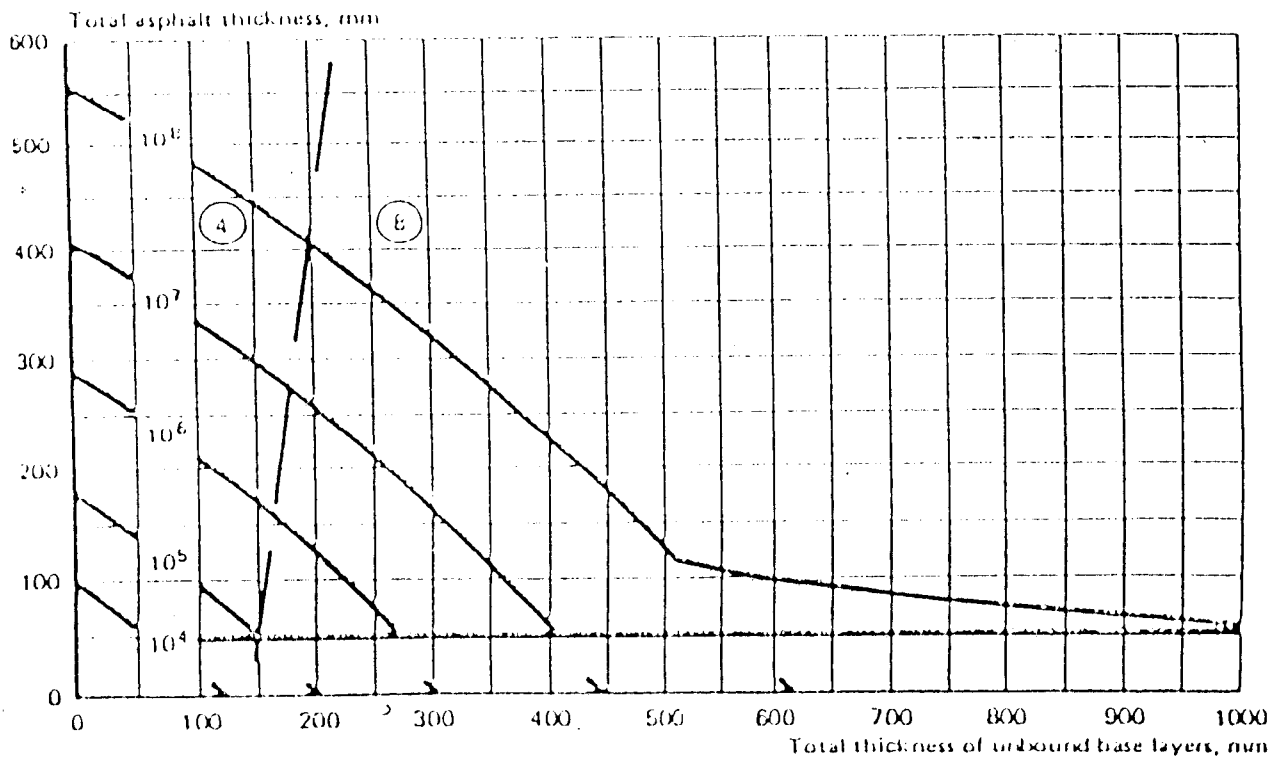


CHART HN 94

KONTRAK

REHABILITASI/PEMELIHARAAN JALAN ARTERI UTARA
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

NOYEK :
PEMBAYARAN : 5.1(1)
KELAS : AGREGAT KLAS A.
PEMBAYARAN : METER KUBIK

06.1.01 477487.21.04.04.
PERKIRAAN KWANTITAS : 325,00
TOTAL HARGA Rp. : 6.506.310,57
% TOTAL JLM PENAWARAN : 0,44 %

| KOMPONEN | UNIT KOMPONEN | KWANTITAS | HARGA SATUAN KOMPONEN (Rp.) | TOTAL HARGA (Rp.) |
|-----------------------------|---------------|-----------|-----------------------------|-------------------|
| BURUH | | | | |
| MANDOR | JAM | 0,018 | 600,00 | 160,80 |
| PEKERJA TERLATIH | JAM | 0,080 | 500,00 | 40,00 |
| PEK.TAK TERLATIH | JAM | 0,2680 | 400,00 | 107,20 |
| MATERIAL | | | | |
| AGREGAT BASE KELAS A | M3 | 1,20 | 13.245,00 | 15.894,00 |
| PERALATAN | | | | |
| VIBRATOR ROOLER | jam | 0,0040 | 28.580,00 | 114,32 |
| DUMP TRUCK | jam | 0,0550 | 19.629,63 | 1.079,63 |
| WHEEL LOADER | jam | 0,0118 | 38.593,45 | 453,86 |
| MOTOR GRADER | jam | 0,0010 | 47.824,33 | 47,82 |
| TIRE ROLLER | jam | 0,0060 | 33.974,77 | 203,85 |
| WATER TANKI | jam | 0,0040 | 24.497,14 | 97,99 |
| TOTAL A+B+C | | | | 18.199,47 |
| OVERHEAD & PROFID 10 % | | | | 1.819,95 |
| HARGA SATUAN DI LUAR PPN 0% | | | | 20.019,42 |

KONTRAK : REHABILITASI/PEMELIHARAAN JALAN ARTERI UTARA
 DAFRAH ISI INEWA YOGYAKARTA
 PROYEK : 06.1.01 477487.21.04.04.
 PEMBAYARAN : S.1(2) PERKIRAAN KWANTITAS : 325,00
 I A N : AGREGAT KLAS B TOTAL HARGA Rp. : 5.837.595,48
 PEMBAYARAN : METER KUBIK % TOTAL JLM PENAWARAN : 0,40

| KOMPONEN | UNIT KOMPONEN | KWANTITAS | HARGA SATUAN KOMPONEN (Rp.) | TOTAL HARGA (Rp.) |
|------------------------------|---------------|-----------|-----------------------------|-------------------|
| BURUH | | | | |
| MANDOR | JAM | 0,0090 | 600,00 | 5,40 |
| PEKERJA TERLATIH | JAM | | 500,00 | 0,00 |
| PEK. TAK TERLATIH | JAM | 0,1290 | 400,00 | 51,60 |
| MATERIAL | | | | |
| AGREGAT BASE KELAS B | M3 | 1,20 | 12.100,00 | 14.520,00 |
| PERALATAN | | | | |
| VIBRATOR ROOLER | jam | 0,0040 | 28.580,00 | 116,66 |
| DUMP TRUCK | jam | 0,0650 | 19.629,63 | 1.275,93 |
| WHEEL LOADER | jam | 0,0010 | 38.593,45 | 38,59 |
| MOTOR GRADER | jam | 0,0010 | 47.824,33 | 47,82 |
| TIRE ROLLER | jam | 0,0060 | 29.165,26 | 174,99 |
| WATER TANKI | jam | 0,0040 | 24.497,14 | 97,99 |
| TOTAL A+B+C | | | | 16.328,98 |
| OVERHEAD & PROFID 10 % | | | | 1.632,90 |
| HARGA SATUAN DI LUAR PPN D+E | | | | 17.961,83 |

| | | | | |
|--------------|---|--|---|------------|
| 1 KONTRAK | : | REHABILITASI/PEMELIHARAAN JALAN ARTERI | : | |
| | : | DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA | : | |
| 2 PROYEK | : | 06.1.01.477487.21.04.04. | : | |
| 3 PEMBAYARAN | : | PERKIRAAN KWANTITAS | : | 120 |
| 4 I A N | : | TOTAL HARGA Rp. | : | 6.970.355, |
| 5 PEMBAYARAN | : | % TOTAL DLM PENAWARAN | : | 0, |

| K O M P O N E N | UNIT KOMPONEN | KWANTITAS | HARGA SATUAN KOMPONEN (Rp.) | TOTAL HARGA (Rp.) |
|---|------------------|-----------|-----------------------------------|----------------------|
| B U R U H | | | | |
| MANDOR | JAM | 0,061 | 600,00 | 36, |
| PEKERJA TERLATIH | JAM | 0,00 | 500,00 | 0, |
| PEK. JAK TERLATIH | JAM | 0,918 | 400,00 | 367, |
| M A T E R I A L | | | | |
| AGREGAT KASAR (TERTAHAN # NO.4) | m3 | 0,2553 | 10.930,00 | 2.790 |
| AGREGAT KASAR (TERTAHAN # NO.4) | m3 | 0,1224 | 11.250,00 | 1.377 |
| PASIR | m3 | 0,0320 | 9.000,00 | 288 |
| ASPHALT | kg | 60,0000 | 425,00 | 25.500 |
| P E R A L A T A N | | | | |
| A.M.P. | JAM | 0,0497 | 310.894,18 | 15.445, |
| DUMP TRUCK | JAM | 0,1867 | 19.629,63 | 3.664, |
| WHEEL LOADER | JAM | 0,0108 | 38.593,45 | 416, |
| ASPHALT FINISHER | JAM | 0,0288 | 28.821,77 | 830, |
| TANDEM ROLLER | JAM | 0,0466 | 29.165,26 | 1.359, |
| TIRE ROLLER | JAM | 0,0215 | 33.974,77 | 730, |
| TOTAL A+B+C | | | | 52.805 |
| OVERHEAD & PROFID 10 % | | | | 5.280 |
| HARGA SATUAN DI LUAR PPN D+E | | | | 58.086 |
| HARGA SATUAN SATU METER KUBIK DI LUAR PPN | | 2,3 x | 58.086,30 | 133.598 |

RINGKASAN SPESIFIKASI DAN JOB MIX FORMULA
2. LAPIS PONDASI AGGREGAT KLAS A

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

PAKET : REHABILITASI / PEMELIHARAAN BERKALA JALAN RING ROAD UTARA
PROYEK : REHABILITASI / PEMELIHARAAN JALAN KOTA
KONTRAKTOR : PT. TRIKARSA NUSANTARA
KONSULTAN : PT. INDAH KARYA

| Spesifikasi | Komposisi % | | Gradasi (%) | | | | | | | | Derajat Kepadatan (%) | Berat Isi Kering (t/m ³) | Kadar Air Optimum (%) | Batas Cair | Indeks Plastis | Bagian Lunak (%) | CBR (%) | Keterangan | | | |
|-------------|-------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------|----------------|------------------|---------|------------|------|-------|--|
| | Batu Pecah | Tanah | 2 1/2 " | 1.5 " | 3/4 " | 3/8 " | # 4 | # 8 | # 10 | # 16 | | | | | | | | | # 40 | # 200 | |
| Job Mix | 45 | 55 | 100 | 100 | 65/81 | 42/60 | 27/45 | 18/53 | - | 11/25 | 6/16 | 0/8 | 100 | - | 200 | 9,00 | 0-35 | 0-6 | 0-5 | 80 | |

Quarry : Batu Pecah asal Kali Progo / Sirtu asal Sruk / Tanah asal Ngablak

RINGKASAN SPESIFIKASI DAN JOB MIX FORMULA

1. LAPIS PONDASI AGGREGAT KLAS B

**DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA**

**PAKET : REHABILITASI / PEMELIHARAAN BERKALA JALAN RING ROAD UTARA
PROYEK : REHABILITASI / PEMELIHARAAN JALAN KOTA
KONTRAKTOR : PT. TRIKARSA NUSANTARA
KONSULTAN : PT. INDAH KARYA**

| | Komposisi % | | Gradasi (%) | | | | | | | | Derajat Kepadatan (%) | Berat Isi Kering (t/m ³) | Kadar Air Optimum (%) | Batas Cair | Indeks Plastis | Bagian Lunak (%) | C B R (%) | Keterangan | |
|-------------|--|------------|-------------|--------|------|-------|-------|-------|------|-------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------|----------------|------------------|-----------|------------|------|
| | Sirtu | Batu Pecah | 2 1/2" | 1 1/2" | 3/4" | 3/8" | # 4 | # 8 | # 10 | # 16 | | | | | | | | | # 40 |
| Spesifikasi | - | - | 100 | 67/100 | - | 25/80 | 16/66 | 10/55 | - | 6/45 | 3/33 | 0/20 | 100 | - | - | 4-10 | - | 60 | |
| Job Mix | 45 | 45 | 100 | 90/04 | - | 34/27 | 29/07 | 25/15 | - | 20/66 | 12/89 | 6/83 | - | 2/03 | - | 7-12 | - | 60 | |
| Quarry | Batu Pecah asal Kali Progo / Sirtu asal Siluk / Tanah asal Ngablak | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

RINGKASAN SPESIFIKASI DAN JOB MIX FORMULA
4. ASPHALT TREATED BASE (ATB)

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

PAKET : REHABILITASI/PEMELIHARAAN BERKALA JALAN RING ROAD UTARA
PROYEK : REHABILITASI/PEMELIHARAAN JALAN KOTA
KONTRAKTOR : PT. TRIKARSA NUSANTARA
KONSULTAN : PT. INDAH SARYA

| | Komposisi % | | Lolos Saringan (%) | | | | | | Kadar Aspal (%) | BJ Efektif | BJ Maks. Campuran | BJ Bulk Campuran | Air Voids (%) | Stabilitas (Kg) | Marshall Quotient (Kg/mm) | Luas Per-Aspal (%) | Penvera-Aspal (%) | Tebal Lapis (lm) | Keterangan | | | |
|-----------------|---|--------------------------|---------------------------|------|--------|-------|-------|-------|-----------------|------------|-------------------|------------------|---------------|-----------------|---------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------|-----|------|------|
| | Asp. Kasar / Agg. Kasar 3/4" - 1 1/2" - 3/8" | Pasir 3/4" - 1/2" - 3/8" | Filler 3/4" - 1/2" - 3/8" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | # 3 | # 4 | | | | | | | | | | | | # 5 | # 10 | # 20 |
| Spesifikasi | 40 - 60 | 26 - 49,5 | 4,5 - 7,5 | 100 | 69/100 | 48/70 | 40/62 | 33/63 | 13/48 | 9/19 | 6/10 | ≥ 6 | | | | 1,8 - 5 | | | | | | |
| Job Mix | 55 | 10 | 48 | 100 | 84,8 | 71,5 | 62,9 | 55,7 | 31,5 | 12,3 | 6,0 | 6,5 | 2,732 | 2,504 | 2,310 | 6,6 | 1232 | 4,1 | 5,7 | 1 | 10,7 | |
| Quarry | Batu Pecah asal Ciereng / Pasir asal Kali Progo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aspal Penetrasi | Aspal cair penetrasi 80 - 100 asal Cilacap | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

DATA SUHU RATA-RATA DAN CURAH HUJAN BULANAN DI YOGYAKARTA

| Bulan | Suhu °C | | | Curah Hujan (mm) |
|-----------|-----------|---------|---------|---------------------|
| | Rata-rata | Maximum | Minimum | |
| Januari | 26,3 | 30,8 | 23,6 | 341,1 |
| Februari | 26,3 | 30,7 | 23,3 | 112,2 |
| Maret | 26,3 | 31,3 | 23,3 | 219,2 |
| April | 26,9 | 32,0 | 24,0 | 229,5 |
| Mei | 27,2 | 32,3 | 24,0 | 55,7 |
| Juni | 26,9 | 32,1 | 23,8 | 43,2 |
| Juli | 25,4 | 31,5 | 21,4 | 1,3 |
| Agustus | 26,5 | 32,1 | 22,8 | 5,3 |
| September | 26,7 | 32,8 | 23,0 | - |
| Oktober | 27,6 | 32,9 | 24,0 | 1,4 |
| November | 27,6 | 32,6 | 24,9 | 118,9 |
| Desember | 26,7 | 30,7 | 24,2 | 233,8 |

FORM : N7 TEST DAYA DUKUNG TANAH (CBR) DENGAN ALAT PENETROMETER (DCP) lampiran 14/A

TANGGAL 12/5/88 PROPINSI : D.I. YOGYAKARTA AWAL : 0+000 DARI 6

OLEH : KABUPATEN : SLEMAN NAMA RUAS AKHIR : NO. RUAS (KAB) NO. RUAS (BM)

PONDASI : JENIS, TEBAL dan KONDISI : KONDISI : LOKASI : Pada Km 0+625

ILIMAT NO. ANNEX UNTUK KODE 21 : KODE : (dari awal ruas)

Jumlah kedalaman goiran tes pit di : 0 cm.

| PERKERASAN | TIPe | TEBAL (cm) |
|---------------|------|------------|
| LAPISAN ATAS | | |
| LAPISAN BAWAH | | |

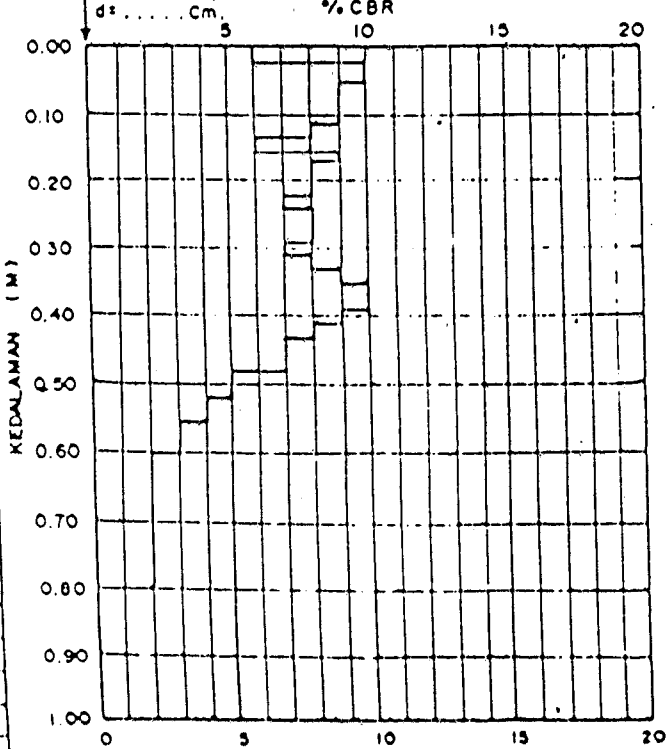
MASUK PENGAMATAN :

| NO. URUT | ANGKA DCP | | SELISIH PENETRASI (mm) | CBR LAPANGAN |
|----------|-----------|-----|------------------------|--------------|
| | cm | mm | | |
| 0 | 0 | 0 | | |
| 1 | 2.7 | 27 | 27 | 6 |
| 2 | 4.6 | 46 | 19 | 6 |
| 3 | 6.6 | 66 | 20 | 9 |
| 4 | 8.7 | 87 | 21 | 9 |
| 5 | 10.9 | 109 | 21 | 9 |
| 6 | 13.1 | 131 | 22 | 8 |
| 7 | 15.0 | 150 | 29 | 6 |
| 8 | 17.0 | 170 | 20 | 9 |
| 9 | 19.3 | 193 | 23 | 8 |
| 10 | 21.5 | 215 | 22 | 8 |
| 11 | 24.0 | 240 | 25 | 7 |
| 12 | 26.3 | 263 | 23 | 8 |
| 13 | 28.6 | 286 | 23 | 8 |
| 14 | 31.0 | 310 | 24 | 7 |
| 15 | 33.2 | 332 | 22 | 8 |
| 16 | 35.2 | 352 | 20 | 9 |
| 17 | 37.1 | 371 | 19 | 6 |
| 18 | 39.0 | 390 | 19 | 6 |
| 19 | 41.0 | 410 | 20 | 9 |
| 20 | 43.3 | 433 | 23 | 8 |
| 21 | 45.9 | 459 | 26 | 7 |
| 22 | 48.4 | 484 | 25 | 7 |
| 23 | 51.3 | 515 | 31 | 5 |
| 24 | 53.4 | 554 | 39 | 4 |
| 25 | 60.2 | 602 | 48 | 3 |
| 26 | 66.4 | 664 | 62 | 2 |
| 27 | 73.9 | 739 | 75 | 2 |
| 28 | 80.0 | 800 | 61 | 2 |
| 29 | | | | |
| 30 | | | | |
| 31 | | | | |
| 32 | | | | |
| 33 | | | | |
| 34 | | | | |
| 35 | | | | |
| 36 | | | | |
| 37 | | | | |
| 38 | | | | |
| 39 | | | | |
| 40 | | | | |

TABEL CBR

| mm/blow | CBR | mm/blow | CBR |
|---------|-----|---------|-----|
| ≤ 4 | 70 | 18 | 12 |
| 5 | 65 | 19 | 10 |
| 6 | 43 | 20 | 9 |
| 7 | 35 | 23 | 8 |
| 8 | 29 | 25 | 7 |
| 9 | 26 | 28 | 6 |
| 10 | 23 | 33 | 5 |
| 11 | 21 | 38 | 4 |
| 12 | 20 | 45 | 3 |
| 13 | 19 | 60-70 | 2 |
| 14 | 16 | 80-100 | 1 |
| 15 | 15 | ≥ 100 | < 1 |
| 16 | 13 | | |

GRAFIK KEDALAMAN VS CBR (LAPANGAN)



EVALUASI TANAH DASAR CBR : 5 %

FORM : N7

TEST DAYA DUKUNG TANAH (CBR)
DENGAN ALAT PENETROMETER (DCP)

lampiran 14 B

TANGGAL
12 / 5 / 88

PROVINSI : D.I. YOGYAKARTA

NAMA RUAS

DARI 1

OLEH MUJIBNO

KABUPATEN : SLEMAN

AWAL : 0 + 000
AKHIR :

NO. RUAS (KAB)

NO. RUAS (BM)

PONDASI : JENIS, TEBAL dan KONDISI :
ILIMAT NO. ANEXA UNTUK KODE 21

KONDISI
KODE :

LOKASI : Pada Km 0 + 100

Jumlah kedalaman gujian tes pit
d : 30 Cm

| TIPE KODE | TEBAL (cm) |
|-----------|------------|
| - | - |
| 1 | 30 |
| - | - |

(dari awal ruas)

PERKERASAN

LAPISAN ATAS

LAPISAN BAWAH

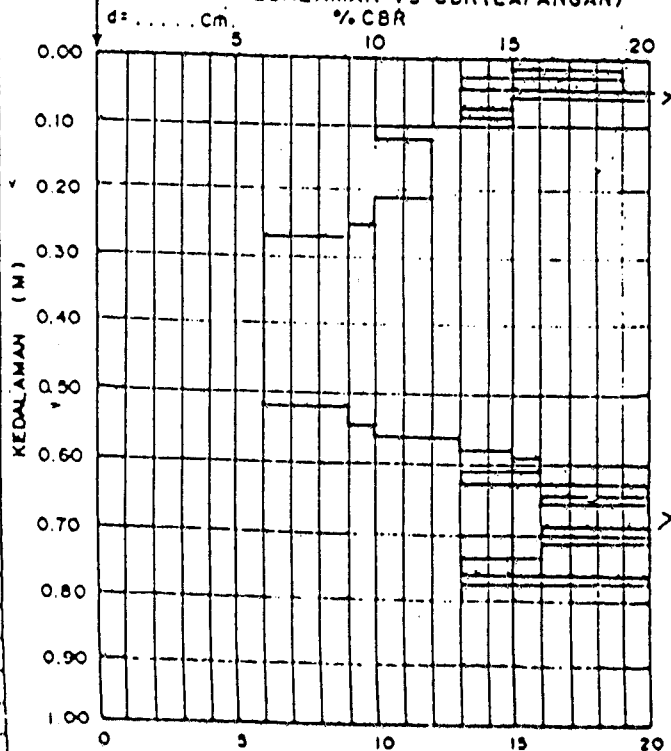
TABEL CBR

| mm/blow | CBR | mm/blow | CBR |
|---------|-----|---------|-----|
| ≤ 4 | 70 | 18 | 12 |
| 5 | 66 | 19 | 10 |
| 6 | 43 | 20 | 9 |
| 7 | 35 | 23 | 8 |
| 8 | 29 | 25 | 7 |
| 9 | 26 | 28 | 6 |
| 10 | 23 | 33 | 5 |
| 11 | 21 | 38 | 4 |
| 12 | 20 | 45 | 3 |
| 13 | 19 | 60-70 | 2 |
| 14 | 16 | 80-100 | 1 |
| 15 | 15 | ≥ 100 | < 1 |
| 16 | 13 | | |

HASIL PENGAMATAN :

| NOMOR PUKULAN | ANGKA DCP | | SELISIH PENETRASI mm | CBR LAPANGAN |
|------------------|-----------|------|----------------------------|-----------------|
| | cm | mm | | |
| 0 | 30 | 300 | 12 | 12 |
| 1 | 31.5 | 315 | 13 | 19 |
| 2 | 32.8 | 328 | 16 | 13 |
| 3 | 34.4 | 344 | 16 | 23 |
| 4 | 35.4 | 354 | 15 | 15 |
| 5 | 36.9 | 369 | 16 | 13 |
| 6 | 38.5 | 385 | 15 | 15 |
| 7 | 40.0 | 400 | 19 | 10 |
| 8 | 41.9 | 419 | 18 | 12 |
| 9 | 43.7 | 437 | 17 | 12 |
| 10 | 45.4 | 454 | 18 | 12 |
| 11 | 47.2 | 472 | 17 | 12 |
| 12 | 48.9 | 489 | 18 | 12 |
| 13 | 50.7 | 507 | 19 | 10 |
| 14 | 52.6 | 526 | 19 | 10 |
| 15 | 54.5 | 545 | 21 | 9 |
| 16 | 56.6 | 566 | 27 | 6 |
| 17 | 79.3 | 793 | 30 | 6 |
| 18 | 82.3 | 823 | 21 | 9 |
| 19 | 84.4 | 844 | 19 | 10 |
| 20 | 86.3 | 863 | 16 | 13 |
| 21 | 87.9 | 879 | 15 | 15 |
| 22 | 89.4 | 894 | 14 | 16 |
| 23 | 90.8 | 908 | 16 | 13 |
| 24 | 92.4 | 924 | 12 | 20 |
| 25 | 93.6 | 936 | 14 | 16 |
| 26 | 95.0 | 950 | 13 | 19 |
| 27 | 96.3 | 963 | 11 | 21 |
| 28 | 97.4 | 974 | 12 | 20 |
| 29 | 98.6 | 986 | 14 | 16 |
| 30 | 100.0 | 1000 | 12 | 20 |
| 31 | 101.2 | 1012 | 14 | 16 |
| 32 | 102.6 | 1026 | 16 | 13 |
| 33 | 104.2 | 1042 | 16 | 13 |
| 34 | 105.8 | 1058 | 12 | 20 |
| 35 | 107.0 | 1070 | 16 | 13 |
| 36 | 108.6 | 1086 | 16 | 13 |
| 37 | 110.2 | 1102 | | |
| 38 | | | | |
| 39 | | | | |
| 40 | | | | |

GRAFIK KEDALAMAN VS CBR (LAPANGAN)



EVALYASI TANAH DASAR CBR 10 %