

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

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

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

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

Hal tersebut diatas tentu menjadi agenda besar

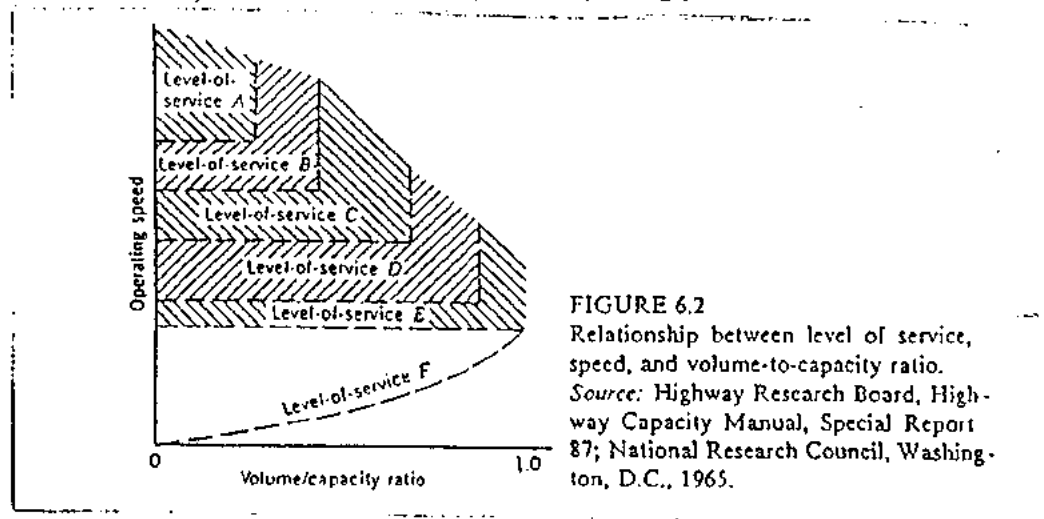
yang perlu dicapai mengingat pertumbuhan kendaraan bermotor meningkat tajam sekitar 5,6% untuk sedan, dan 26,4% untuk bis. Sedang pertumbuhan lalulintas berkisar antara 55 sampai 10%, yang tidak berimbang dengan perkembangan panjang jalan yang hanya berkisar 1,9% ¹⁾

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

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

keadaan yang seimbang antara volume dan kapasitas jalan.

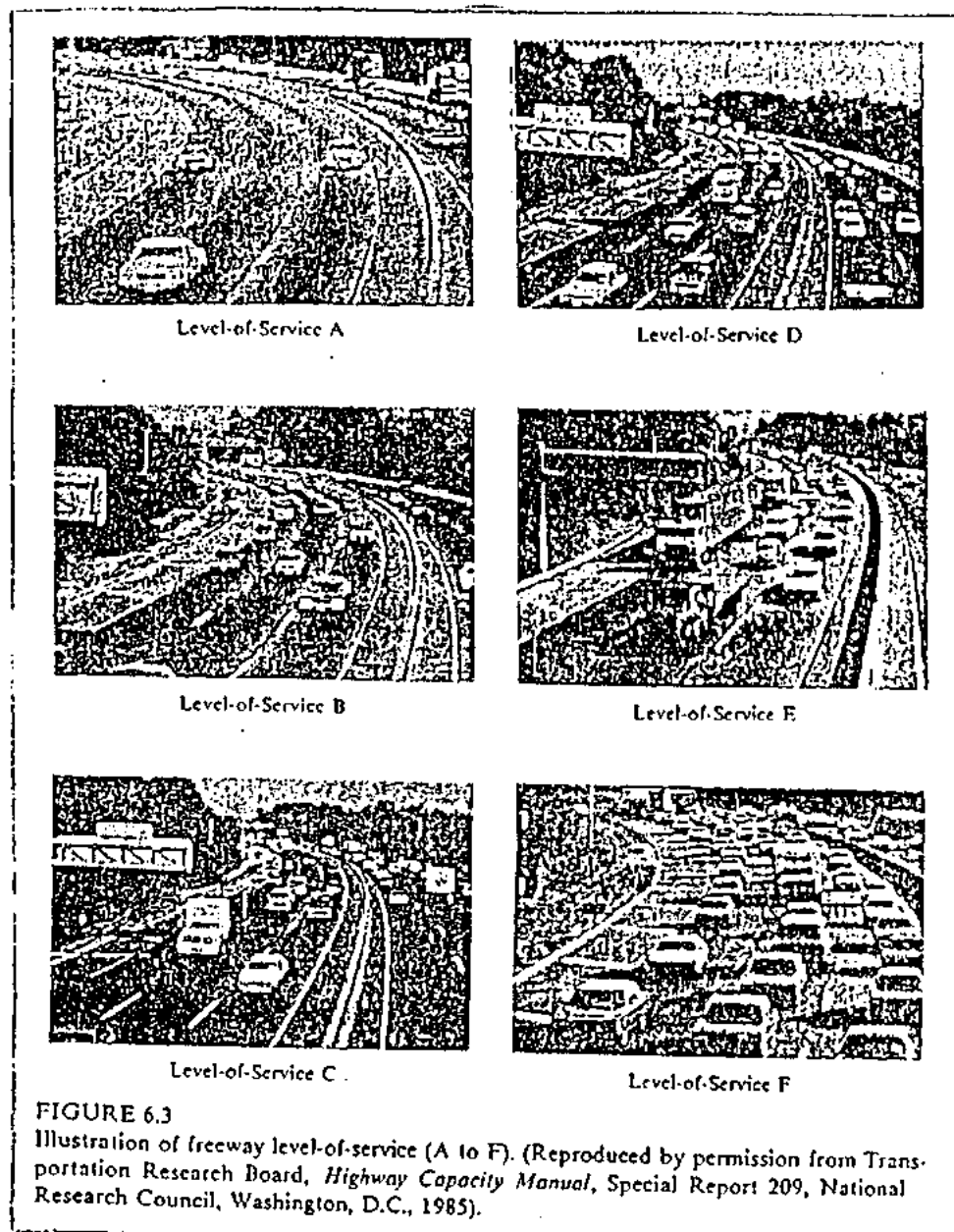
Dengan memperlebar ruas jalan serta memperbaiki struktur perkerasannya, diharapkan tingkat pelayanan yang terjadi dapat ditingkatkan. HCM 1965 menyatakan keadaan hubungan antara tingkat pelayanan, kecepatan dan perbandingan volume dengan kapasitas menggunakan "Design Service Volume" yang dikaitkan dengan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



Gambar 1.1. Menunjukkan hubungan antara kecepatan dengan perbandingan V/C

Sumber : HCM, 1965.

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



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

Keterangan gambar 1.2 :

LOS A = - arus bebas.

- volume terendah dan kecepatan tertinggi.

LOS B = - arus stabil.

- kecepatan operasi mulai agak terhambat oleh keadaan lalulintas.

LOS C = - arus masih stabil.

- kecepatan dan manuver banyak terkontrol oleh volume yang lebih tinggi.

LOS D = - arus mendekati tak stabil.

- masih ada toleransi pada kecepatan operasi yang dipengaruhi oleh perubahan-perubahan pada kondisi operasi.

LOS E = - tak bisa terdeteksi hanya dengan kecepatan.

- banyak berhenti walaupun hanya sementara.

LOS F = - arus terhambat, kecepatan rendah.

- volume mendekati kapasitas.

- banyak berhenti dalam jangka lama/pendek.

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

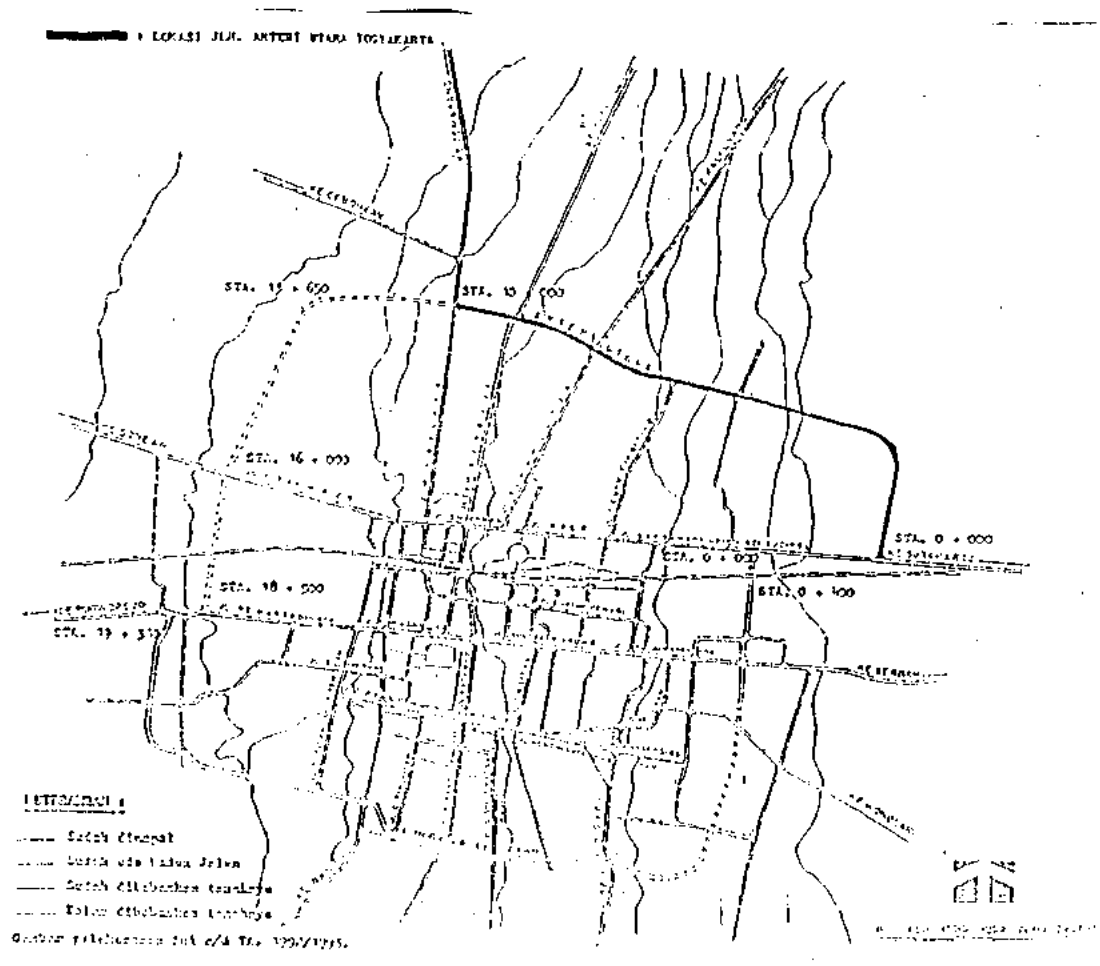
1. Memperlancar prasarana hubungan darat Daerah Istimewa Yogyakarta di bidang Sosial Ekonomi serta membuka daerah Yogyakarta Utara.
2. Untuk menghemat waktu dan jarak tempuh arus lalulintas dari arah barat dan timur menuju arah utara atau

sebaliknya.

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

B. Lokasi Dan Ruang Lingkup

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



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

C. Tujuan Analisis

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

Tujuan dari analisis tebal lapis keras jalan lingkar

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

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

D. Batasan Masalah

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

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

penduduk dan kepemilikan kendaraan yang setiap tahunnya meningkat.

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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

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

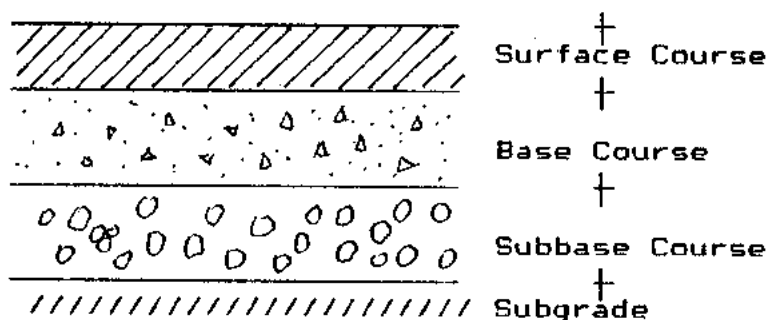


A. Konstruksi Lapis Keras lentur

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

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

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

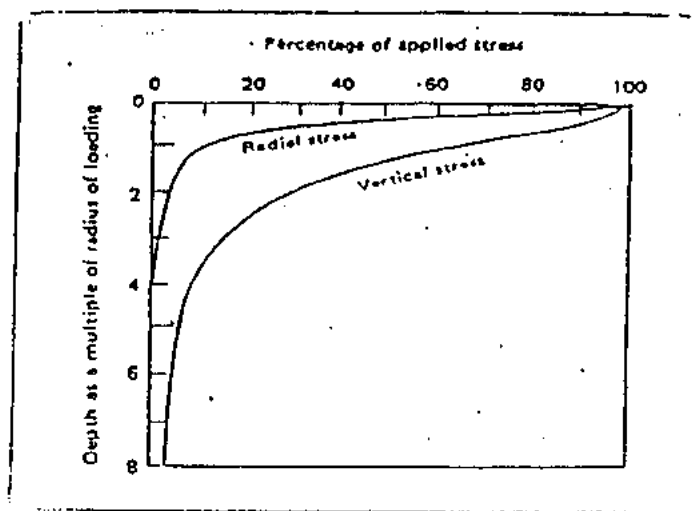


Gambar 2.1. Struktur perkerasan lentur

1. lapis Permukaan (*Surface Course*)

Pada lapis Permukaan (*Surface Course*), bahan yang digunakan relatif lebih tinggi mutunya dibandingkan dengan lapisan di bawahnya. Secara empirik mutu material yang lebih tinggi dijelaskan dengan fungsinya

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



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

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

1) Boussinesq memberikan variasi gaya vertikal dan radial pada kedalaman tertentu akibat beban lalu lintas tidak tergantung pada elastisitas bahannya. oleh karena itu elastisitas bahan pada lapisan dibawahnya (surface) dirancang lebih rendah, lihat David Croney, hal 335.

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

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

keterangan :

$$P = 100 \text{ Psi}$$

$$a = 5 \text{ inch}$$

$$z = 35 \text{ cm (13,78 inch)}$$

Dari data di atas didapat $\sigma_z = 16,93 \text{ Psi}$.

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

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

Didapat $\sigma_y = 0,235 \text{ Psi}$.

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

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

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

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

2. Lapis Pondasi (*Base Course*)

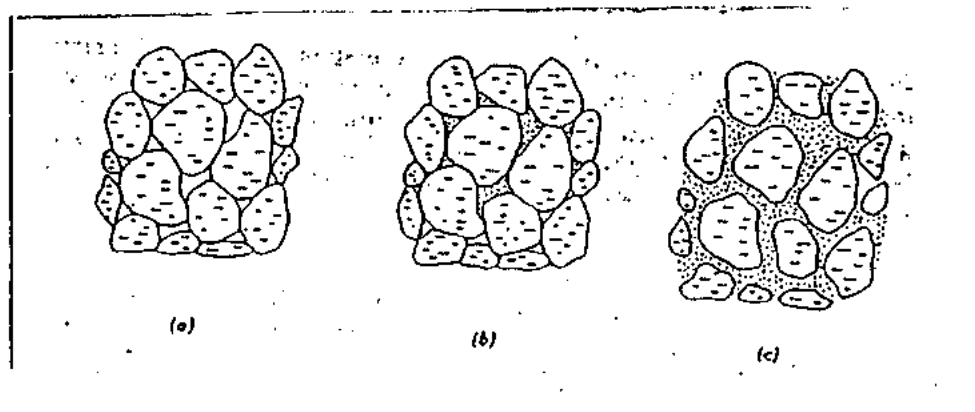
Lapis Pondasi (*Base Course*) pada perkerasan fleksibel difungsikan sebagai lapisan penambah kapasitas daya dukung beban-beban yang terjadi dengan tingkat kekakuannya, kekuatan serta ketahanan bahan yang cukup baik. Untuk fungsi yang diharapkan tersebut, maka kepadatan dan stabilitas agregat penyusun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

Bahan susun dari lapis pondasi dirancang kestabi-

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

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

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



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

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

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

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

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

3. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

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

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

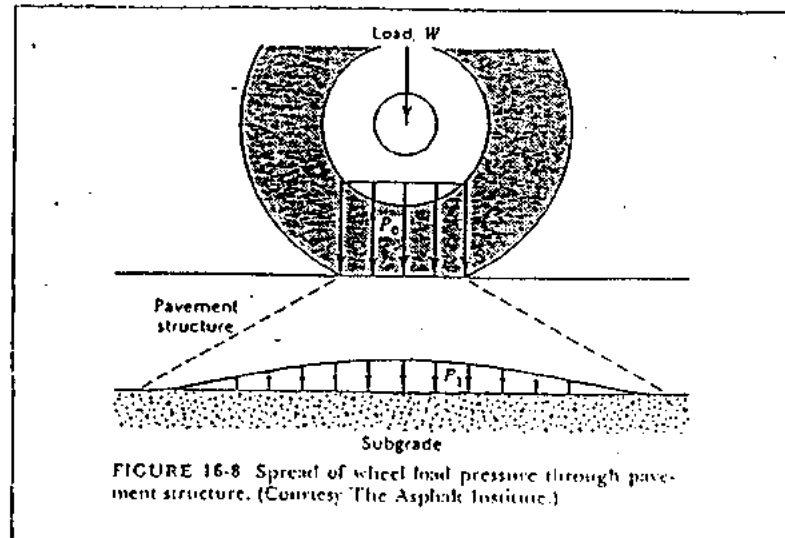
4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

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

Fungsi tanah dasar sebagai bahan perkerasan adalah sebagai berikut :

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

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



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

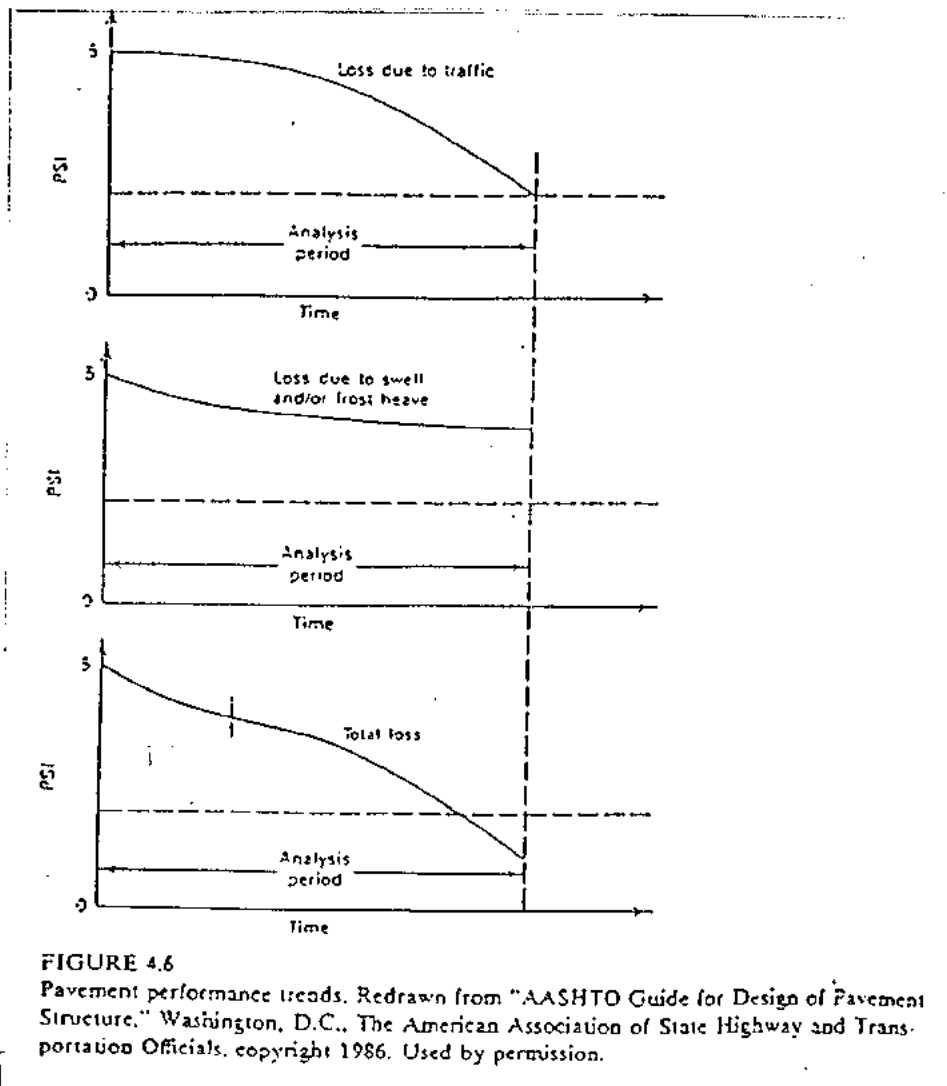
B. Indeks Permukaan

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

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

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

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



Gambar 2.5. Penurunan Indeks Permukaan akibat beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan.

Sumber : HCM, 1985

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

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

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

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

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum tahun 1990

Selanjutnya nilai indek permukaan yang dianjurkan oleh Bina marga sebagai pedoman perencanaan adalah nilai indek permukaan akhir, yaitu (IP_t) : 1; 1,5; 2 dan 2,5. Nilai-nilai ini diasumsikan sebagai nilai dengan tingkat pela-

yanan yang buruk untuk setiap masing-masing fungsi jalan.

Tabel 2.2. Nilai Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IPt)

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

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

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

Catatan :

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

C. Umur Rencana (UR)

Pada umumnya suatu perkerasan, perencanaannya didasarkan pada periode pelayanan selama 20 tahun (Witczak, 1975). Untuk memudahkan perhitungan perkerasan pada periode tersebut, maka volume lalu lintas yang terjadi dikelompokkan menurut kendaraan standar perencanaan. Dengan pemahaman bahwa, jenis kendaraan yang beragam ukuran, berat dan konfigurasi as gandar perlu dikonversikan terlebih dahulu ke dalam angka ekuivalen beban sumbu. dalam pertimbangan kelayakan perhitungan, perencanaan perkerasan dapat dikerjakan melalui pentahapan pada

periode tertentu. biasanya periode pertama untuk 10 tahun umur rencana, selebihnya, 10 tahun sisa umur dikerjakan pada tahap berikutnya (Bina Marga, 1990).

D. Kondisi Lingkungan

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

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

Kelembaban juga berpengaruh dalam kemampuannya memberikan tingkat kenyamanan pada para pemakai jalan. Pada kondisi kelembaban yang cukup tinggi, menyebabkan bahan susun perkerasan mengalami pelapukan dan melemahkan daya ikat antar agregat. Selanjutnya hal inipun akan mengurangi stabilitas perkerasan yang ada. Oleh karenanya

dalam perancangan perkerasan jalan, kedua kondisi (kelembaban dan pengaruh temperatur) ini perlu ditinjau berdasarkan kondisi lingkungan setempat.

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

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

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

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Pendahuluan

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

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

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

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

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

B. Metode Bina Marga 1987

Berdasarkan pedoman perencanaan tebal perkerasan

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

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

1. Prosentase Kendaraan Pada Jalur Rencana

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

- a. Jalan Arteri (utama), adalah merupakan jalan kelas I yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, lalu lintas berat, berjalur banyak dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien, serta konstruksi perkerasan terbaik.
- b. Jalan Kolektor (sekunder), adalah merupakan jalan kelas II yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat dan jumlah jalan masuk dibatasi. Kelas



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

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

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

Tabel 3.1. Standar Perencanaan Geometrik

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

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya

- 1) Untuk 4 jalur
- 2) Menurut kendaraan setempat

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

Tabel 3.2. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

Sumber : Bina marga, 1987.

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

Tabel 3.3. Koefisien Distribusi Kendaraan (c)

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

Sumber : Bina Marga, 1987.

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

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

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

Tabel 3.4. Pengelompokan Kendaraan

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

Sumber : Bina Marga, 1993

2. Angka Ekuivalen (E)

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

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

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

Tabel 3.5. angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban sumbu		Angka Ekuivalen	
kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9877
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber : Bina Marga, 1987.

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

$$\text{Angka ekuivalen} = 1 \left[\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal (kg)}}{\text{B160}} \right]^4$$

..... (3.1)

$$\text{Angka ekuivalen} = 0,086 \left[\frac{\text{Beban satu sumbu ganda (kg)}}{\text{B160}} \right]^4$$

..... (3.2)

3. Lintas Ekuivalen

Pengaruh beban lalu lintas yang menyebabkan terjadinya kerusakan ditentukan oleh besarnya arus lalu lintas, yaitu jumlah kendaraan dalam 1 hari/ Zarah/ total

lajur yang dibedakan menurut jenis kendaraan.

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

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

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

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

$$LET = 1/2 (LEP + LEA) \dots\dots\dots (3.5)$$

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

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

$$FP = UR/10$$

Keterangan :

- j = jenis kendaraan
- i = perkembangan lalulintas
- FP = faktor penyesuaian
- UR = umur rencana
- C = koefisien distribusi kendaraan
- E = angka ekivalen
- LEP = lintas ekivalen permulaan
- LEA = lintas ekivalen akhir
- LET = lintas ekivalen tengah
- LER = lintas ekivalen rencana

4. Daya Dukung Tanah (DDT)

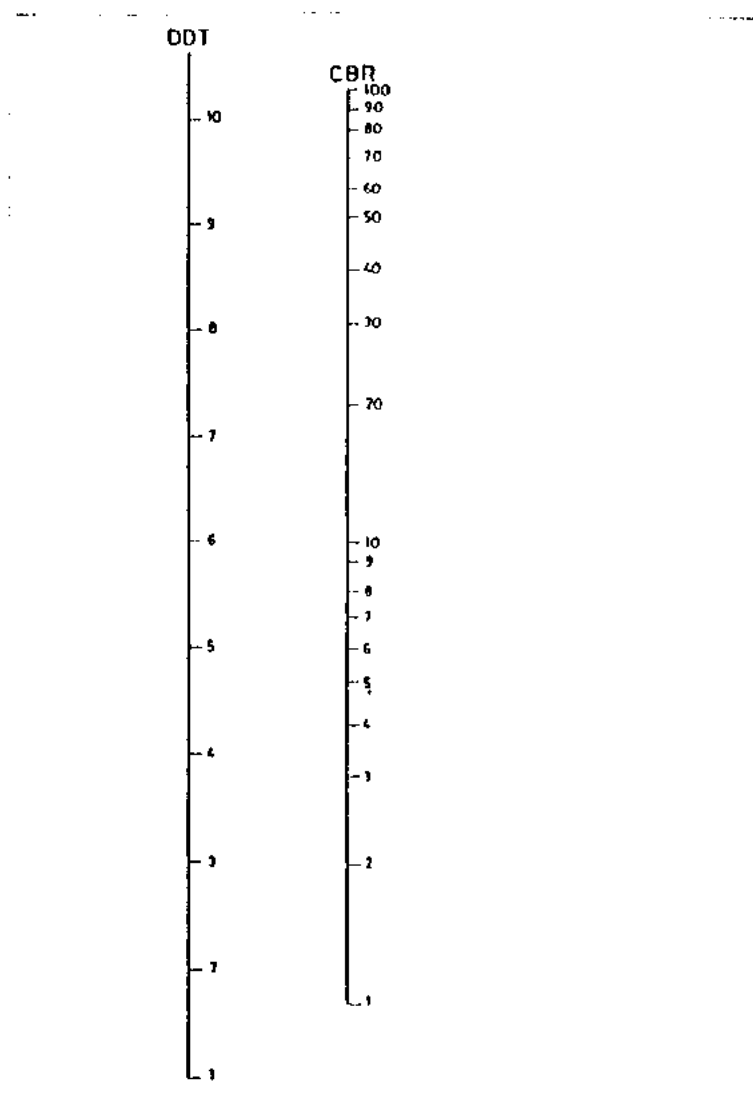
Untuk menentukan atau menilai kekuatan tanah dasar jalan (subgrade) lazimnya dipakai cara California Bearing Ratio (CBR). Cara ini pertama kali dikembangkan oleh California State Higway Departement.

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

- a. Ditentukan harga CBR terendah.
- b. Ditentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- c. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 %, sedangkan jumlah yang lainnya merupakan persentase dari 100 %.
- d. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.

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

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



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

5. Faktor Regional (FR)

Faktor regional (FR) adalah faktor yang menun-

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

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

Tabel 3.6. Faktor Regional (FR)

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

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

Sumber : Bina Marga, 1987.

6. Indek Permukaan (IP)

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

Untuk tujuan perencanaan perkerasan jalan, nomo-

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

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

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

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

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

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

7. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

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

nakan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

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

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

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

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

Tabel 3.7. Batas-batas Minimum Tebal Lapis Keras

1. Lapis Permukaan

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

Sumber : Bina Marga , 1987.

2. Lapis Pondasi

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

Sumber : Bina Marga, 1987.

3. Lapis Pondasi Bawah

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

B. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

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

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

Tabel 3.8. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt kg/cm ²	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Asbuton
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Hot Rolled - Asphalt
0,26	-	-	340	-	-	Asphalt Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	

Sumber: Bina Marga, 1987.

Tabel 3.9. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt kg/cm ²	CBR (%)	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah - dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah - dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Pondasi macadam (basah)
-	0,12	-	-	-	60	Pondasi macadam (kering)
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah - (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah - (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah - (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : Bina Marga, 1987.

C. Metode AASHTO tahun 1986

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

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

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

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

Pada metode AASHTO 1986 ini daya dukung tanah dasar (DDT) dinyatakan dalam modulus resilien (Mr) yang dapat diperoleh dengan pemeriksaan AASHTO T 274 atau dengan korelasi dengan CBR (pemeriksaan laboratorium), sedangkan faktor regional (FR) yaitu berdasarkan perbedaan kondisi lingkungan yang dalam hal ini dinyatakan dengan koefisien drainase, kehilangan tingkat pelayanan, dan simpangan baku keseluruhan. ASSHTO 1986 memberikan persamaan sebagai berikut sebagai rumus dasar, yaitu :

$$\log W_{18} = Z_r \times (S_o) + 9,36 \log_{10} (SN + 1) - 0,20 + \frac{\log (\Delta PSI / (4,2 - 1,5))}{0,40 + 1094 / (SN + 1)^{5,19}} + 2,23 \log_{10}(Mr) - 8,07 \quad (3.8)$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 M_2 + a_3 D_3 M_3 \quad (3.9)$$

$$\Delta PSI = I P_o - I P_t \quad (3.10)$$

Keterangan :

W₁₈ = lintas ekivalen selama umur rencana

Z_r = simpangan baku

S_o = gabungan kesalahan baku dari perkiraan

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

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

PSI = Selisih indek permukaan (IP) awal dan akhir

Mr = Modulus relisien tanah dasar (psi)

D = tebal masing-masing lapis perkerasan

a = koefisien kekuatan relatif

M = koefisien drainase tiap lapis

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

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

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

1. Batasan Waktu

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

2. Beban Lalulintas dan Tingkat Pertumbuhan lalulintas

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

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

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

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986.

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

Axle Load :		Structural Number (SN)					
Kips	KN	1	2	3	4	5	6
10	44,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
12	53,4	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
14	62,3	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
16	71,2	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
18	80,1	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
20	89,1	0,10	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10
22	97,9	0,16	0,17	0,18	0,17	0,16	0,16
24	106,8	0,23	0,24	0,26	0,25	0,24	0,23
26	115,7	0,32	0,34	0,36	0,35	0,34	0,33
28	124,6	0,45	0,46	0,49	0,48	0,47	0,46
30	133,4	0,61	0,62	0,65	0,64	0,63	0,62
32	142,3	0,81	0,82	0,88	0,84	0,83	0,82
34	151,2	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	160,2	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	169,0	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	177,9	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	186,8	2,77	2,73	2,64	2,62	2,66	2,70
44	195,7	3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	204,6	4,20	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	213,5	5,10	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986.

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

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

$$W_{18t} = W_{18} \cdot \left[\frac{(1+g)^t - 1}{g} \right] \dots\dots\dots (3.12)$$

Dengan :

- W_{18t} = Angka ekivalen kumulatif 18-k ESAL.
- W_{18} = Jumlah kendaraan ekivalen 18-k ESAL yaitu hasil dari perkalian perencanaan lalulintas harian rata-rata pada awal tahun perencanaan dengan faktor ekivalen ESAL.
- D_D = Faktor distribusi arah
- D_L = Faktor distribusi lajur yaitu terlihat pada tabel 3.12.
- g = Angka pertumbuhan lalulintas
- t = Tahun perencanaan
- W_{18} = Kumulatif pengulangan 18-k ESAL pada awal tahun perencanaan.

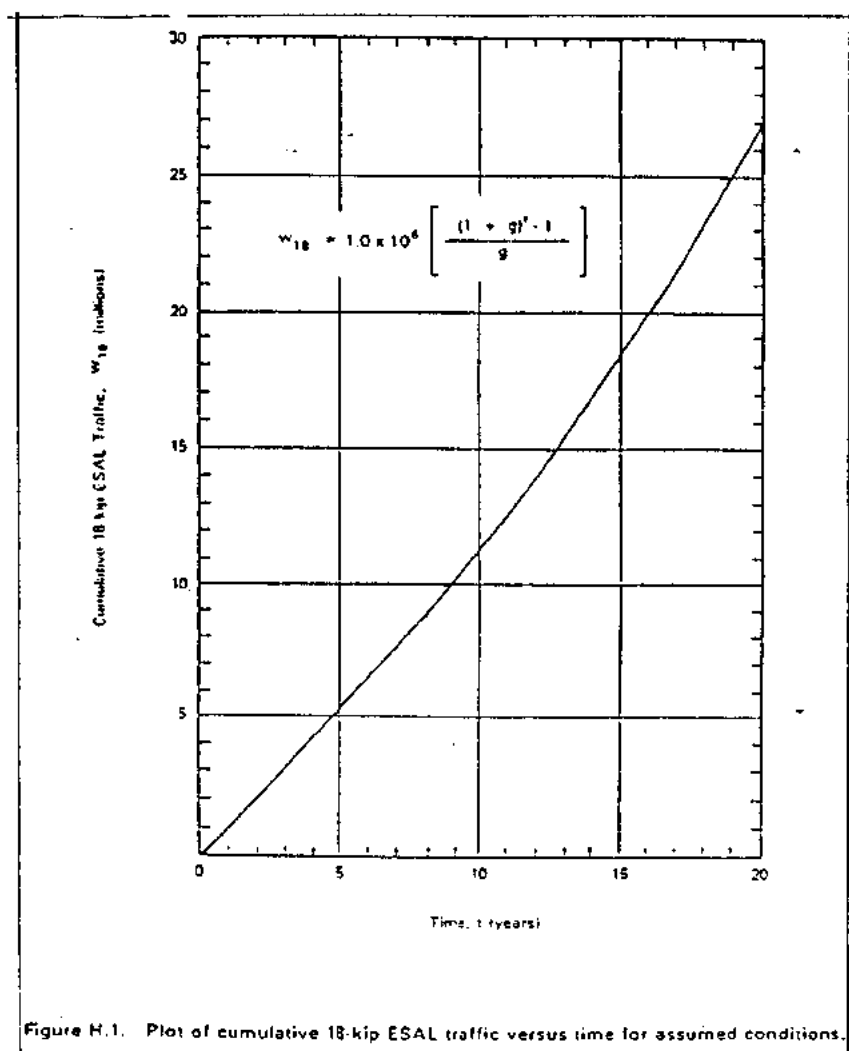
Untuk menentukan pengulangan beban dalam perencanaan fungsi waktu, dibuat gambar perkiraan kumulatif pengulangan 18-k ESAL dalam periode analisis (gambar 3.2) yang diperoleh dari persamaan (3.12).

Tabel 3.12. Faktor distribusi jalur (D_L)

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

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986 halaman D-2

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



Gambar 3.2. Grafik hubungan antara 18-kESAL dan jumlah tahun

Sumber : AASHTO' 86.

3. Reliabilitas dan simpangan baku keseluruhan

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

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

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

Sumber : AASHTO' 86

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

Tabel 3.14. Simpangan baku keseluruhan

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

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986 hal I-62

4. Kondisi lingkungan

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

nilai indeks plastis tanah tersebut. Umur pelayanan jalan dipengaruhi oleh Pengaruh perubahan musim, perbedaan temperatur, kerusakan-kerusakan akibat lelahnya bahan, sifat material yang dipergunakan . Sehingga menyebabkan terjadinya pengurangan terhadap nilai indeks permukaan akibat kondisi lingkungan. Untuk tanah dasar dapat dilakukan dengan korelasi terhadap hasil penyelidikan tanah, berupa boring, pemeriksaan laboratorium terhadap sifat-sifat tanah dari contoh tanah yang diperoleh pada waktu pemboran di sepanjang jalan tersebut. Besarnya penurunan indeks permukaan akibat pengembangan (*swell*) merupakan fungsi dari tingkat pengembangan (*swell rate constant*), kemungkinan pengembangan (*swell probability*), dan besarnya potensi merembes keatas (*potensial vertical rise*). Untuk menentukan besarnya nilai Indeks Permukaan (PSI) akibat pengembangan - (*swell*), AASHTO'86 memberika rumusan sebagai berikut :

$$PSI_{swell} = 0,00335 \times V_r \times P_s \times (1 - e^{-\theta t}) \dots (3.13)$$

dengan :

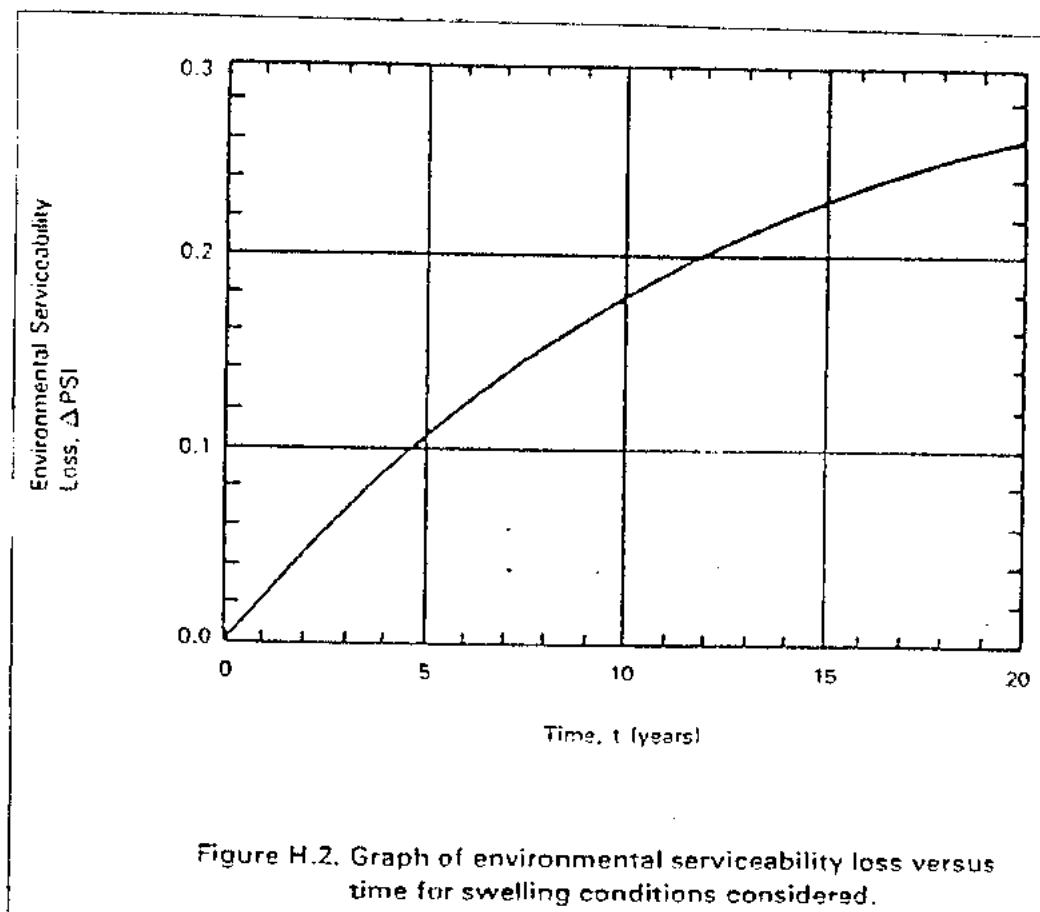
PSI *swell* = perubahan indeks permukaan akibat pengembangan tanah.

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

P_s = probabilitas pengembangan, (%).

- θ = tingkat pengembangan tetap.
 t = jumlah tahun yang ditinjau, dihitung dari saat jalan tersebut dibuka untuk umum.

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



Gambar 3.3. Grafik hubungan antara penurunan pelayanan dan waktu untuk mengembang (jumlah tahun) .

5. Kriteria Kinerja Jalan

Kriteria kinerja jalan dinyatakan dalam nilai indeks permukaan (PSI) pada awal umur rencana (IPO) dan pada akhir umur rencana (IPT).

6. Nilai Modulus Resilient (Mr)

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

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

Mr = 1500 x CBR , dinyatakan dalam psi

dengan :

u = kerusakan relatif

Mr = Modulus resilien tanah dasar , (psi)

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

7. Faktor Drainase

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

Tabel 3.15. Kualitas drainase

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

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986

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

Tabel 3.16. Koefisien drainase

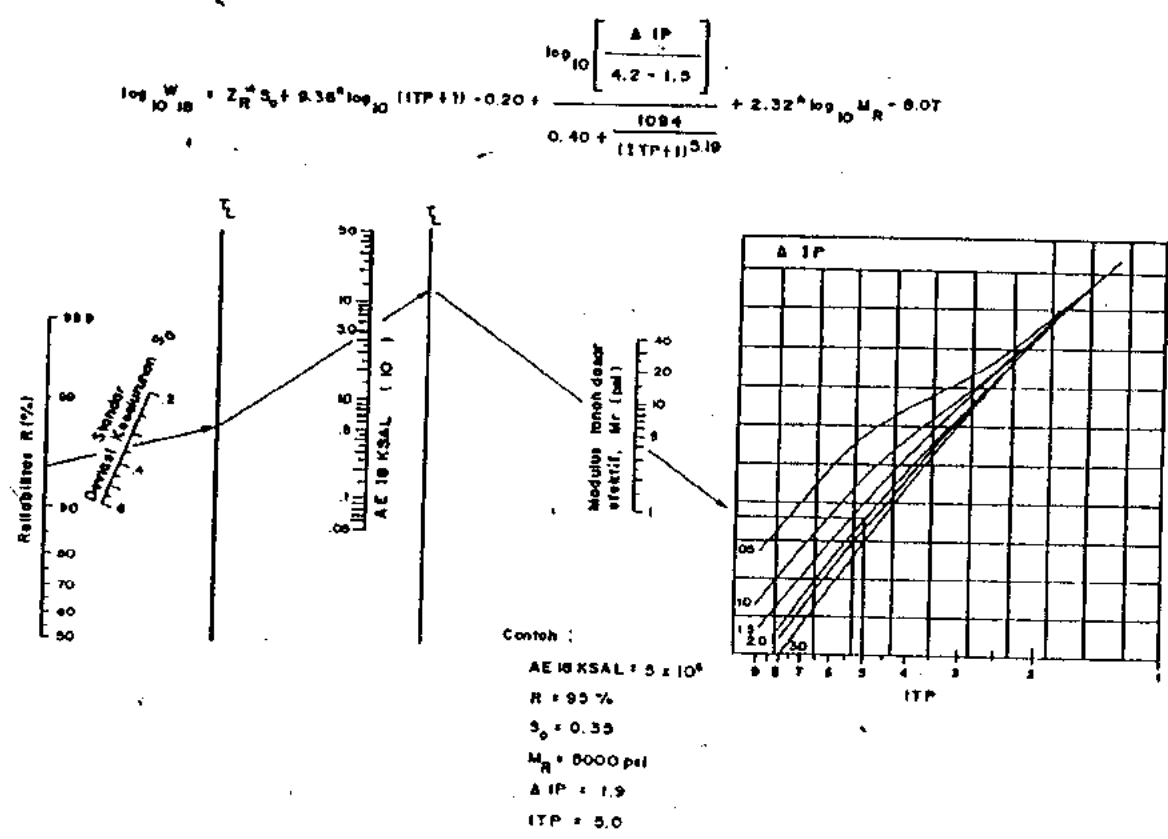
Kualitas drainase	Persen waktu perkerasan dalam keadaan lembab-jenuh			
	< 1	1 - 5	5 - 25	>25
Baik sekali	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Baik	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Cukup	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Buruk	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Buruksekali	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40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

Sumber : AASHTO Interim Guide , 1986

B. Menentukan nilai SN tahap pertama

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





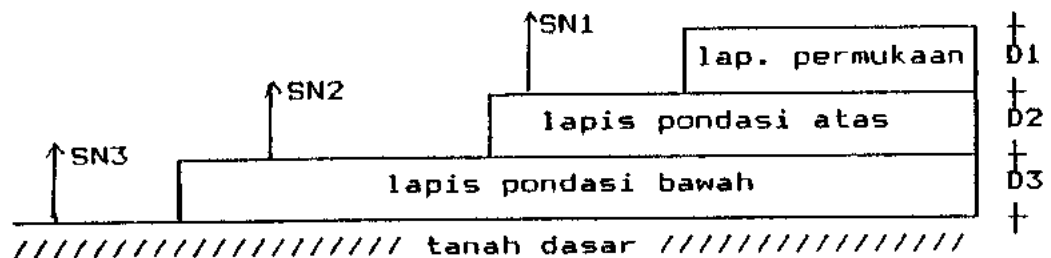
Gambar 3.4. Nomogram nilai SN

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

1. Diperkirakan umur kinerja jalan (*performance periode* akibat beban lalu lintas dan pengembangannya, dalam a tahun (besarnya lebih kecil dari umur kinerja jalan maksimum).
2. Ditentukan berapa besarnya penurunan PSI (= ΔIP_{swell}) selama a tahun dengan mempergunakan rumus atau grafik pada langkah 4.
3. Ditentukan besarnya penurunan PSI (= ΔIP) akibat beban lalu lintas dan pengembangan, selama umur kinerja jalan.

$$PSI = IP_o - IP_t - IP_{swell} \text{ (langkah 2)}$$

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



Gambar 3.5. Struktur perkerasan tiap lapis

Rumus dari AASHTO, 1986 yang digunakan adalah :

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

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

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

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

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

dengan :

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

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

BAB IV

CARA ANALISIS

A. Metodologi Analisis

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

B. Metoda Penentuan Subyek

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

C. Metoda Pengumpulan Data

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

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

Data yang digunakan dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

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

D. Metoda Analisis Data

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