

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang perbandingan metode perencanaan tebal perkerasan dan perhitungan rencana anggaran biaya pernah dilakukan oleh Kurniawan (2014). Penelitian ini menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 1987 dan Manual Desain Perencanaan 2013 dalam perencanaan tebal perkerasan lentur pada kasus rekonstruksi ruas jalan Karangmojo – Samin yang selanjutnya dihitung rencana anggaran biaya dan *time schedule*. Hasil dari penelitian ini, perancangan tebal perkerasan dengan metode Analisa Komponen 1987 menghasilkan tebal total perkerasan sebesar 75 cm dengan rincian lapis permukaan (Laston MS 744 kg) setebal 10 cm, lapis fondasi atas (Batu pecah kelas A) setebal 20 cm dan lapis fondasi bawah (Batu pecah kelas B) setebal 45 cm dengan biaya total sebesar Rp.124.929.847.628,41 dan dengan waktu pelaksanaan selama 388 hari. Pada perencanaan tebal perkerasan dengan metode Manual Desain Perencanaan 2013 menghasilkan tebal total perkerasan sebesar 47,5 cm dengan rincian lapis permukaan (Laston MS 744) sebesar 17,5 cm, lapis fondasi atas (CTB) sebesar 15 cm dan lapis fondasi bawah (Batu pecah kelas A) sebesar 15 cm. Pada metode Manual Desain Perencanaan 2013 ini juga ditambah *overlay* dengan bahan Laston MSS 744 dengan tebal total sebesar 19 cm yang terdiri dari AC – WC setebal 5 cm dan AC – BC setebal 14 cm. Biaya dan waktu pelaksanaannya sebesar Rp.51.874.388.873,17 dengan waktu pelaksanaan selama 371 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Manual Desain Perencanaan 2013 lebih efisiensi dalam segi biaya dan juga waktu pelaksanaannya.

Ulya (2017) meneliti tentang perbandingan perencanaan tebal perkerasan dengan metode Manual Desain Perkerasan 2013 dan AASHTO 1993 yang berlokasi di ruas jalan Baron – Tepus. Berdasarkan hasil penelitian ini, metode Manual Desain Perkerasan 2013 menghasilkan tebal lapis permukaan 10 cm (Laston MS 744) lapis fondasi atas 8 cm (Laston atas) dan lapis fondasi bawah 30 cm (Sirtu kelas A), sementara metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal lapis permukaan sebesar 15 cm (Laston MS 744), lapis fondasi atas 10 cm (Laston atas) dan lapis

fondasi bawah sebar 35 cm (Sirtu kelas A). Hasil penelitian tersebut menunjukkan metode Manual Desain Perkerasan 2013 lebih tipis dibandingkan dengan tebal perkerasan metode AASHTO 1993.

Dinata (2017) meneliti tentang perbandingan perencanaan perkerasan menggunakan metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993 yang dihitung menggunakan program Kanpave. Lokasi penelitian di ruas jalan Karangmojo – Samin Sta. 0+00 – 4+050. Berdasarkan hasil penelitian, metode Bina Marga 1987 menghasilkan tebal lapis permukaan sebesar 10 cm (Laston MS 744), lapis fondasi atas sebesar 20 cm (Batu pecah kelas A), lapis fondasi bawah sebesar 20 cm (Sirtu kelas A) sementara metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal lapis permukaan sebesar 15 cm (Laston MS 744), lapis fondasi atas sebesar 10 cm (Batu pecah kelas A) dan lapis fondasi bawah sebesar 20 cm (Sirtu kelas A). melalui program Kanpave, metode Bina Marga 1987 menghasilkan nilai *fatigue cracking* sebesar 0,000408 di kedalaman 10,001 cm dibawah lapis permukaan dan nilai rutting sebesar 0,00138 pada kedalaman 50,001 cm dibawah lapis fondasi bawah, sementara metode AASHTO 1993 menghasilkan nilai *fatigue cracking* sebesar 0,000322 pada kedalaman 15,001 cm dibawah lapis permukaan dan nilai *rutting* sebesar 45,001 cm dibawah lapis fondasi bawah.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Perkerasan Jalan

Hardiyatmo (2015) menyebutkan perkerasan adalah struktur yang berlapis – lapis guna melindungi tanah dasar dan memberikan kenyamanan untuk pengguna jalan. Fungsi perkerasan adalah mereduksi beban yang dihasilkan oleh kendaraan sehingga tanah asli akan terlindungi dari deformasi selama masa pelayanan berlangsung. Menurut Sudarno dkk. (2018), Jalan merupakan prasarana transportasi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk melakukan mobilitas keseharian, dengan meningkatnya arus kendaraan yang melewati suatu ruas jalan maka akan mempengaruhi daya dukung tanah sebagai lapisan fondasi jalan tersebut.

Menurut Oetomo (2013), lapisan konstruksi perkerasan jalan mempunyai fungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti terhadap konstruksi jalan, sehingga akan memeberikan

kenyamanan kepada pengguna jalan selama pelayanan jalan. Fungsi perkerasan jalan antara lain :

- a. Memberikan struktur yang kuat dalam memikul beban lalu lintas.
- b. Memberikan permukaan rata sehingga nyaman bagi pengguna jalan.
- c. Memberikan kekesatan atau tahanan gelincir (*skid resistance*) di permukaan perkerasan.
- d. Mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara memadai, sehingga tanah dasar terlindung dari deformasi.
- e. Melindungi tanah dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

Menurut Sukirman (1999), terdapat beberapa jenis lapisan pada setiap komponen perkerasan, antara lain :

- a. Jenis lapis permukaan (*surface course*) yang umum digunakan :
 - 1) Lapis bersifat nonstruktural :
 - a) Burtu (Laburan aspal satu lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
 - b) Burda (Laburan aspal dua lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.
 - c) Latasir (Lapis tipis aspal pasir), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan dengan suhu tertentu dengan tebal plat 1 – 2 cm.
 - d) Buras (Leburan aspal), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inch.
 - e) Latasbum (Lapis tipis asbuton murni), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
 - f) Lataston (Lapis tipis aspal beton) dikenal dengan nama *hot roll sheet* (HRS), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras

dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal padat antara 2,5 – 3 cm.

2) Lapis bersifat struktural :

- a) Penetrasi macadam (Lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dengan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya dibri laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi dari 4 – 10 cm.
- b) Lasbutag merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalanyang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal pada tiap – lapisannya antara 3 – 5 cm.
- c) Laston (Lapis aspal beton) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

b. Jenis lapisan fondasi atas (*base course*) yang umum digunakan :

1) Agregat bergradasi baik dapat dibagi atas :

- a) Batu pecah kelas A
- b) Batu pecah kelas B
- c) Batu pecah kelas C

2) Fondai macadam

3) Fondasi telford

4) Penetrasi macadam (Lapen)

5) Aspal beton fondasi (*Asphalt concrete base / Asphalt treated base*)

6) Stabilitas yang terdiri dari :

- a) Stabilitas agregat dengan semen (*Cement Treated Base*)
- b) Stabilitas agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*)
- c) Stabilitas agregat dengan aspal (*Asphalt Treated Base*)

c. Jenis lapis fondasi bawah (*subbase course*)

1) Agregat bergradasi baik, dibedakan atas :

- a) Sirtu / pitrun kelas A
- b) Sirtu / pitrun kelas B
- c) Sirtu / pitrun kelas C

2) Stabilisasi

- a) Stabilisasi agregat dengan semen (*Cement Treated Subbase*)
- b) Stabilisasi agregat dengan kapur (*Lime Teated Subbase*)
- c) Stabilisasi tanah dengan semen (*Soil Cement Stabilization*)
- d) Stabilisasi tanah dengan kapur (*Soil Lime Stabilization*)

Menurut Sukirman (1999), jenis perkerasan jalan antara lain :

- a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu struktur perkerasan yang terdiri dari lapis permukaan dan lapis fondasi dengan aspal sebagai bahan pengikat.
- b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu struktur perkerasan yang terdiri dari lapis permukaan berupa beton dan lapis fondasi atau tanpa lapis fondasi.
- c. Perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu struktur perkerasan yang berupa kombinasi dari berbagai jenis perkerasan.

2.2.2. Perkerasan Lentur

Menurut Sukirman (1999), perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah struktur perkerasan yang terdiri dari lapis permukaan dan lapis fondasi dengan aspal sebagai bahan pengikat, struktur perkerasan terdiri dari :

- a. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan, dan berfungsi untuk :

- 1) Lapis perkerasan menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- 2) Lapis kedap air, sehingga hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
- 3) Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- 4) Lapis yang menyebarkan beban ke lapis bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

b. Lapis fondasi atas (*base course*)

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis fondasi dan lapis permukaan dinamakan lapis fondasi atas (*base course*) yang berfungsi sebagai :

- 1) Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
- 2) Lapis peresapan untuk lapisan fondasi bawah.
- 3) Bantalan terhadap lapisan permukaan.

c. Lapis fondasi bawah (*subbase course*)

Lapis perkerasan yang terletak antara lapis fondasi atas dan tanah dasar dinamakan lapis fondasi bawah (*subbase*) yang berfungsi sebagai :

- 1) Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR 20% dan Plastisitas Indeks (PI) $\leq 10\%$.
- 2) Efisiensi penggunaan material. Material fondasi bawah relative lebih murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan diatasnya.
- 3) Mengurangi tebal lapisan diatasnya yang lebih mahal.
- 4) Lapis peresapan, agar air tanah tidak terkumpul di fondasi.
- 5) Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memang harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan beban roda – roda alat besar.
- 6) Lapisan untuk mencegah partikel – partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis fondasi atas, untuk itu haruslah memenuhi syarat filter, yaitu :

$$\frac{D_{15 \text{ subbase}}}{D_{15 \text{ subgrade}}} \geq 5 \dots\dots\dots(2.1)$$

$D_{15 \text{ subgrade}}$

$$\frac{D_{15 \text{ subbase}}}{D_{85 \text{ subgrade}}} < 5 \dots\dots\dots(2.2)$$

$D_{85 \text{ subgrade}}$

Dimana :

D15 = diameter butir pada keadaan banyaknya persen yang lolos = 15 %.

D85 = diameter butir pada keadaan banyaknya persen yang lolos = 85%.

d. Lapis tanah dasar (*subgrade course*)

Lapisan tanah setebal 50 – 100 cm diatas mana akan diletakkan lapisan fondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar. Lapisan subgrade berupa tanah asli yang memenuhi syarat dan bisa juga tanah yang diambil dari luar apabila volume timbunan yang dibutuhkan lebih banyak serta lapisan subgrade bisa menggunakan tanah asli yang distabilisasi atau dipadatkan. Pemadatan yang baik diperoleh jika pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan pelengkapan drainase yang memenuhi syarat. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan atas :

- 1) Lapisan tanah dasar, tanah asli seperti pada Gambar 2.1.
- 2) Lapisan tanah dasar, tanah timbunan seperti pada Gambar 2.2.
- 3) Lapisan tanah dasar, tanah galian seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1. Struktur perkerasan lentur pada tanah asli (Bina Marga, 2017)



Gambar 2.2. Struktur perkerasan lentur pada tanah timbunan (Bina Marga, 2017)



Gambar 2.3. Struktur perkerasan lentur pada tanah galian (Bina Marga, 2017)

Perkerasan lentur memiliki susunan lapisan berupa lapis permukaan, lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah dan *subgrade* seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Susunan lapis pada perkerasan lentur

2.2.3. Perkerasan Kaku

Menurut Sukirman (1999), perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah struktur perkerasan yang terdiri dari lapis permukaan yang berupa beton dan lapis fondasi atau tanpa lapis fondasi.

Menurut Hardiyatmo (2015), dalam perencanaan perkerasan kaku, perlu diperhatikan hal – hal berikut :

- 1) Tegangan akibat beban, modulus tanah – dasar, keruntuhan akibat kelelahan (*fatigue*), beban lalu lintas berulang, dan hitungan tebal perkerasan.
- 2) Pengaruh tanah dasar, pemompaan (*pumping*) butiran halus, dan perancangan drainase.
- 3) Gerakan pelat yang tertahan/lengkungan (*warping/curling*), perancangan sambungan dan tulangan (untuk perkerasan JRCP dan CRCP)

a. Tipe perkerasan kaku

Menurut Hardiyatmo (2015), tipe perkerasan kaku antara lain :

- 1) Perkerasan beton tak bertulang
- 2) Perkerasan beton bertulang
- 3) Perkerasan beton ditutup aspal

b. Struktur lapisan perkerasan kaku

Bina Marga (2017) menyebutkan lapisan perkerasan kaku terdiri dari :

- 1) Lapis tanah dasar

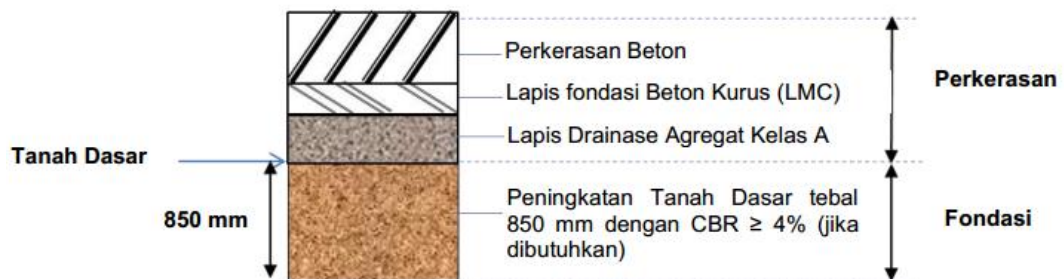
Lapis tanah dasar menggunakan tanah asli maupun tanah yang diambil dari luar apabila diperlukan. Kekuatan tanah dapat diketahui dengan melakukan test CBR (*California Bearing Ratio*)



Gambar 2.5. Perkerasan kaku pada tanah asli (Bina Marga, 2017)



Gambar 2.6. Perkerasan kaku pada tanah timbunan (Bina Marga, 2017)



Gambar 2.7. Perkerasan kaku pada tanah galian (Bina Marga, 2017)

2) Lapis fondasi bawah

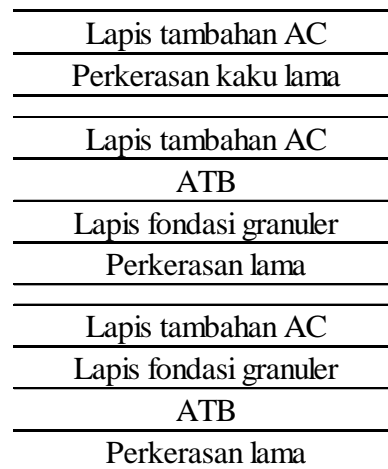
Lapis fondasi bawah berfungsi sebagai pengendali pengaruh kembang susut tanah dasar, retakan dari tepi pelat, memberi dukungan yang mantap dan seragam pada pelat, serta sebagai perkerasan jalan selama masa konstruksi.

3) Lapis perkerasan beton

Lapisan ini merupakan lapisan permukaan yang menerima beban pertama kali. Pada lapisan ini biasanya digunakan beton dengan mutu dan ketebalan yang tinggi agar dapat menopang beban lalu lintas di atasnya.

2.2.4. Perkerasan Komposit

Menurut Hardiyatmo (2015), struktur perkerasan komposit adalah perkerasan kombinasi antara beberapa jenis perkerasan. Perkerasan terdiri dari lapis beton aspal (*asphalt concrete*, AC) yang berada diatas perkerasan beton semen portland atau lapis fondasi yang dirawat. Lapis fondasi yang dirawat, dapat terdiri dari lapis fondasi dirawat aspal (*asphalt treated base*, ATB) atau lapis fondasi dirawat semen (*cement treated base*, CTB). Lapis fondasi perlu dirawat, karena untuk memperbaiki kekakuan dan kekuatannya.



Gambar 2.8. Beberapa contoh struktur perkerasan komposit menurut FHWA (dalam Hardiyatmo, 2015)

2.2.5. Parameter Perencanaan Tebal Lapis Konstruksi Perkerasan

Menurut Sukirman (1999), lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Dengan demikian memberikan kenyamanan kepada si pengemudi selama masa pelayanan jalan tersebut.

a. Fungsi jalan

Menurut pasal 8 UU No.38 Tahun 2004 tentang Jalan, berdasarkan fungsinya, jalan dikelompokkan menjadi :

1) Jalan arteri

Jalan arteri adalah jalan yang melayani lalu lintas utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata – rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

2) Jalan kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang melayani lalu lintas pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata – rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3) Jalan lokal

Jalan lokal adalah jalan yang melayani lalu lintas setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata – rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

4) Jalan lingkungan

Jalan lingkungan adalah jalan yang melayani lalu lintas lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata – rata rendah.

b. Kinerja perkerasan (*pavement performance*)

Menurut Sukirman (1999), kinerja perkerasan jalan (*pavement performance*) meliputi 3 hal :

1) Keamanan, yang ditentukan oleh besarnya gesekan akibat adanya kontak antar ban dan permukaan jalan. Besarnya gaya gesek yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan dan kondisi cuaca.

2) Wujud perkerasan (*structural perkerasan*), sehubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak – retak, amblas, alur, gelombang dan lain sebagainya.

3) Fungsi pelayanan (*functional performance*), sehubungan dengan bagaimana perkerasan tersebut memberikan pelayanan kepada pemakai jalan. Wujud perkerasan dan fungsi pelayanan umumnya merupakan satu kesatuan yang dapat digambarkan dengan “kenyamanan mengemudi (*riding quality*)”

c. Umur rencana

Menurut Sukirman (1999), umur rencana perkerasan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural (sampai diperlukan *overlay* lapisan perkerasan). Selama umur rencana tersebut, pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan, seperti pelapisan nonstruktural yang berfungsi sebagai lapis aus. Umur

rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun.

d. Lalu lintas yang merupakan beban dari perkerasan jalan

Menurut Sukirman (1999), tingkat ketebalan lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban lalu lintas yang diterima, berarti dari arus lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya lalu lintas diperoleh dari :

- 1) Analisa lalu lintas saat ini
- 2) Perkiraan faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana

e. Sifat tanah dasar

Lapisan tanah dasar merupakan lapisan paling bawah yang menopang lapisan fondasi. Lapisan tanah dasar tersebut mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhan. Di Indonesia, daya dukung tanah untuk kebutuhan perencanaan tebal perkerasan ditentukan dengan pemeriksaan CBR (*California Bearing Ratio*)

f. Kondisi lingkungan

Kondisi lingkungan dimana lokasi jalan tersebut berada mempengaruhi lapisan perkerasan jalan dan tanah dasar 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

g. Sifat dan banyak material tersedia di lokasi

Perencanaan tebal lapis perkerasan juga ditentukan dari jenis lapisan perkerasan dan ketersediaan bahan serta mutu material tersebut.

h. Bentuk geometrik lapisan perkerasan

Bentuk geometrik lapisan perkerasan mempengaruhi cepat atau lambatnya aliran air meninggalkan lapisan perkerasan jalan. Bentuk geometrik dibedakan menjadi 2 :

- 1) Konstruksi berbentuk kotak (*box construction*)

Lapisan perkerasan diletakkan di dalam lapisan tanah dasar tapi tidak semua bagian badan jalan.

2) Konstruksi penuh sebadan jalan (*full width construction*)

Lapisan perkerasan diletakkan diatas tanah dasar pada seluruh badan jalan.

2.2.5. Metode AASHTO 1993

a. Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO 1993 merupakan metode perencanaan untuk tebal perkerasan yang dibuat sudah dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metode AASHTO 1993 pada dasarnya adalah metoda yang didasarkan pada metoda empiris. Parameter metode AASHTO adalah sebagai berikut :

1) *Struktural Number* (SN)

Structural number (SN) merupakan fungsi dari ketebalan, koefisien relatif lapisan (*layer coefficients*), dan koefisien drainase (*drainage coefficients*).

Persamaan *structural number* adalah sebagai berikut :

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

SN = nilai *structural number*

a = koefisien relatif masing - masing lapisan

D = tebal masing – masing lapis perkerasan

m = koefisien drainase masing – masing lapisan

2) Lalu lintas

Perencanaan lalu lintas didasarkan pada beban gandar standar ekivalen kumulatif (*cumulative equivalent standard axel*, CESA) dengan beban gandar standar 8,16 kN.

3) *Reliability*

Konsep *reliability* adalah pertimbangan kemungkinan – kemungkinan dalam perencanaan untuk mencari alternatif perencanaan. *Reliability* didasarkan atas volume lalu lintas dan klasifikasi jalan rencana. *Reliability* didefinisikan bahwa kemungkinan sebuah perkerasan didesain akan memberikan pelayanan yang cukup baik untuk menerima beban lalu lintas dan kondisi lingkungan selama umur rencana (AASHTO, 1993).

Penerapan konsep *reliability* adalah :

a) Menentukan klasifikasi rencana ruas jalan.

Klasifikasi ini berupa jalan di kota (urban) atau jalan antar kota (rural).

b) Menentukan tingkat *reliability* yang ada pada metoda perencanaan AASHTO 1993.

c) Nilai standar deviasi (S_0) mewakili kondisi lokal.

4) Faktor lingkungan

Persamaan – persamaan yang digunakan untuk perencanaan AASHTO didasarkan atas hasil pengujian dan pengamatan pada jalan percobaan selama lebih kurang 2 tahun. Pengaruh jangka panjang dari temperatur dan kelembaban pada penurunan *serviceability* belum dipertimbangkan. Satu hal yang menarik dari faktor lingkungan ini adalah pengaruh dari kondisi *swell* dan *frost heave* dipertimbangkan, maka penurunan *serviceability* diperhitungkan selama masa analisis yang kemudian berpengaruh pada umur rencana perkerasan.

5) *Serviceability*

Menurut AASHTO (1993) *serviceability* adalah kemampuan sebuah perkerasan untuk melayani tipe lalu lintas (mobil dan truk) yang menggunakan parameter utama berupa *Present Serviceability Index* (PSI).

Nilai *serviceability* menentukan tingkat pelayanan jalan secara fungsional.

b. Persamaan AASHTO 1993

Metode AASHTO 1993 mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$\log_{10} w_{18} = ZR S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{P_0 - P_t}{P_0 - P_f} \right]}{0.40 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} Mr - 87 \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

W_{18} = kumulatif beban gandar standar selama umur perencanaan (CESA).

ZR = *Standar normal deviate*.

S_0 = *Combined standard error* dari prediksi lalu lintas dan kinerja.

SN = *Structural Number*

P_0 = *Initial serviceability*.

P_t = *Terminal serviceability*

P_f = *Failure serviceability*

Mr = *Modulus resilien* (psi)

c. Perencanaan dengan metode AASHTO 1993

1) Tentukan lalu lintas rencana

a) Menentukan umur rencana

Umur rencana jalan adalah jangka waktu sejak jalan itu dibuka hingga saat diperlukan perbaikan berat atau telah dianggap perlu untuk memberi lapisan pergerasan baru (Ismy dan Nufus, 2015).

b) Menentukan faktor distribusi arah (DD)

Menurut AASHTO 1993, pada umumnya DD diambil 0.5. Pada beberapa kasus khusus terdapat pengecualian dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa DD bervariasi antara 0.3 – 0.7 tergantung arah mana yang berat dan kosong.

c) Menentukan faktor distribusi lajur (DL)

Tabel 2.1 Faktor Distribusi Lajur (DL) (AASHTO, 1993)

Jumlah Lajur pada Setiap Arah	% Beban Gandar Standar Dalam Lajur Rencana
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

d) Data lalu lintas harian rata – rata (LHR)

Menurut Bukhari (2002) dalam Akbar,dkk. (2014), volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan pada satu titik atau tampang (melintang jalan) dalam satuan waktu tertentu.

e) Menghitung angka ekivalen beban gandar sumbu kendaraan (E)

Menurut Hardiyatmo (2015), faktor ekivalensi beban (E) adalah rasio dari jumlah pengulangan sembarang beban gandar dan konfigurasi gandarnya (tunggal, tandem, trindem) yang diperlukan untuk menghasilkan pengurangan *present serviceability index*. Angka ekivalen kendaraan (AE) atau *Vehicle Damage Factor* (VDF) dihitung dengan menjumlahkan angka ekivalen masing – masing sumbu kendaraan. (Sentosa dan Roza, 2012)

$$E = \left(\frac{\text{Beban pada grup gandar (kN)}}{\text{Beban (kN)}} \right)^4 \dots\dots\dots(2.5)$$

f) Menghitung lalu lintas pada lajur rencana (W18)

$$w18 = DD \times DL \times \hat{w}18 \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

DD = faktor distribusi arah

DL = faktor distribusi lajur

$\hat{w}18$ = beban gandar standar kumulatif untuk dua arah

g) Menghitung jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif (Wt)

$$Wt = w18 \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

Wt = jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif

w18 = beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun

n = umur pelayanan (tahun)

g = perkembangan lalu lintas (%)

2) Menghitung CBR tanah dasar

Menurut Akbar (2013), CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam persentase.

$$E = 1500 \times \text{CBR} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

CBR = nilai CBR representatif (%)

E = modulus elastisitas tanah dasar (psi)

3) Menentukan fungsional perkerasan

a) Menentukan nilai indeks kemampuan pelayanan awal (P0)

Menurut AASHTO (1993), nilai indeks pelayanan awal (P0) untuk perkerasan lentur adalah 4.2 dan untuk perkerasan kaku adalah 4.5.

b) Menentukan nilai indeks pelayanan akhir (Pt)

Menurut AASHTO (1993), nilai indeks kemampuan pelayanan akhir (Pt) yang digunakan adalah 2 dan 2,5. Nilai total perubahan indeks kemampuan pelayanan dinyatakan dalam :

$$\Delta\text{PSI} = P0 - Pt \dots\dots\dots(2.9)$$

4) Tentukan *reliability* dan deviasi normal standar (Z_R)

Menurut Sukirman (1999) dalam Wesli dan Akbar (2014), *reliability* adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan selama masa pelayanan dipandang dari si pemakai jalan. *Reliability* adalah estimasi yang menyatakan bahwa beban lalu lintas dapat dipenhi sesuai rencana.

Tabel 2.2. Rekomendasi tingkat *reliability* untuk klasifikasi jalan (AASHTO, 1993)

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Pelayanan	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas hambatan	85 - 99.9	80 - 99.9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Tabel 2.3. Nilai deviasi normal standar (Z_R) untuk tingkat *reability* (R) tertentu (AASHTO, 1993)

<i>Reliability</i> (R)	Deviasi normal standar (Z_R)
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

5) Menentukan deviasi standar keseluruhan (S_0)

Menurut Cahyandaru (2017), deviasi standar keseluruhan merupakan gabungan simpangan baku dari perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja lalu lintas.

Tabel 2.4. Deviasi standar keseluruhan (S_0) (AASHTO, 1993)

Jenis Perkerasan	S_0
Lentur	0.40 - 0.50
Kaku	0.30 - 0.40

6) Menentukan koefisien drainase (m_i)

Menurut Hardiyatmo (2015), dalam perancangan dengan metode AASHTO 1993, diperlukan data kondisi kualitas drainase yang mempengaruhi kekuatan lapis fondasi dan fondasi bawah.

Tabel 2.5. Definisi kualitas drainase (m_i) (AASHTO, 1993)

Kualitas drainase	Air hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 pekan
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	Air tidak akan mengalir

Tabel 2.6. Koefisien drainase untuk modifikasi koefisien kekuatan relatif material *untreated base* dan *subbase* pada perkerasan lentur (AASHTO, 1993)

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Baik sekali	1.40 - 1.30	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
Sedang	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0,80
Jelek	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0,60
Jelek sekali	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0,40

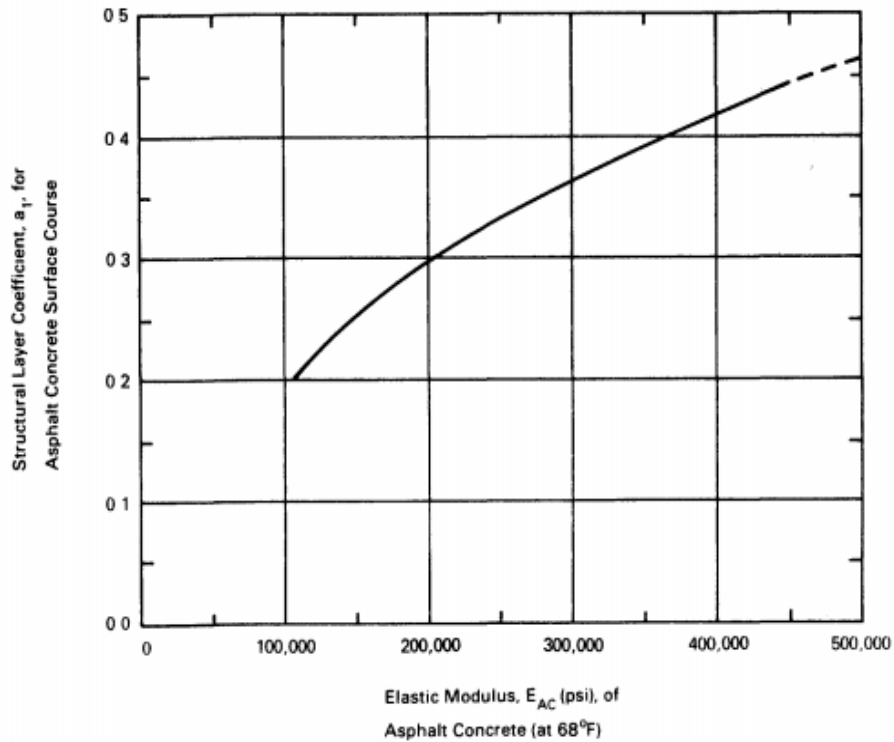
7) Menentukan bahan dan koefisien lapisan (a_i)

Menurut Yoder dan Witczack (1975) dalam Hardiyatmo (2015), koefisien lapisan (a_i) menyatakan hubungan empiris antara structural number (SN) untuk suatu struktur perkerasan dengan tebal lapisan, yang menyatakan kemampuan relatif dari suatu material agar berfungsi sebagai satu

komponen struktural dari perkerasannya. Koefisien lapisan mempunyai 5 jenis, yaitu :

- a) Beton beraspal gradasi rapat (*dense – graded asphalt concrete*)
- b) Lapis fondasi atas granular (*granular base*)
- c) Lapis fondasi bawah granular (*granular subbase*)
- d) *Cement – Treated Base (CTB)*
- e) *Bituminous – Treated Base (BTB)*

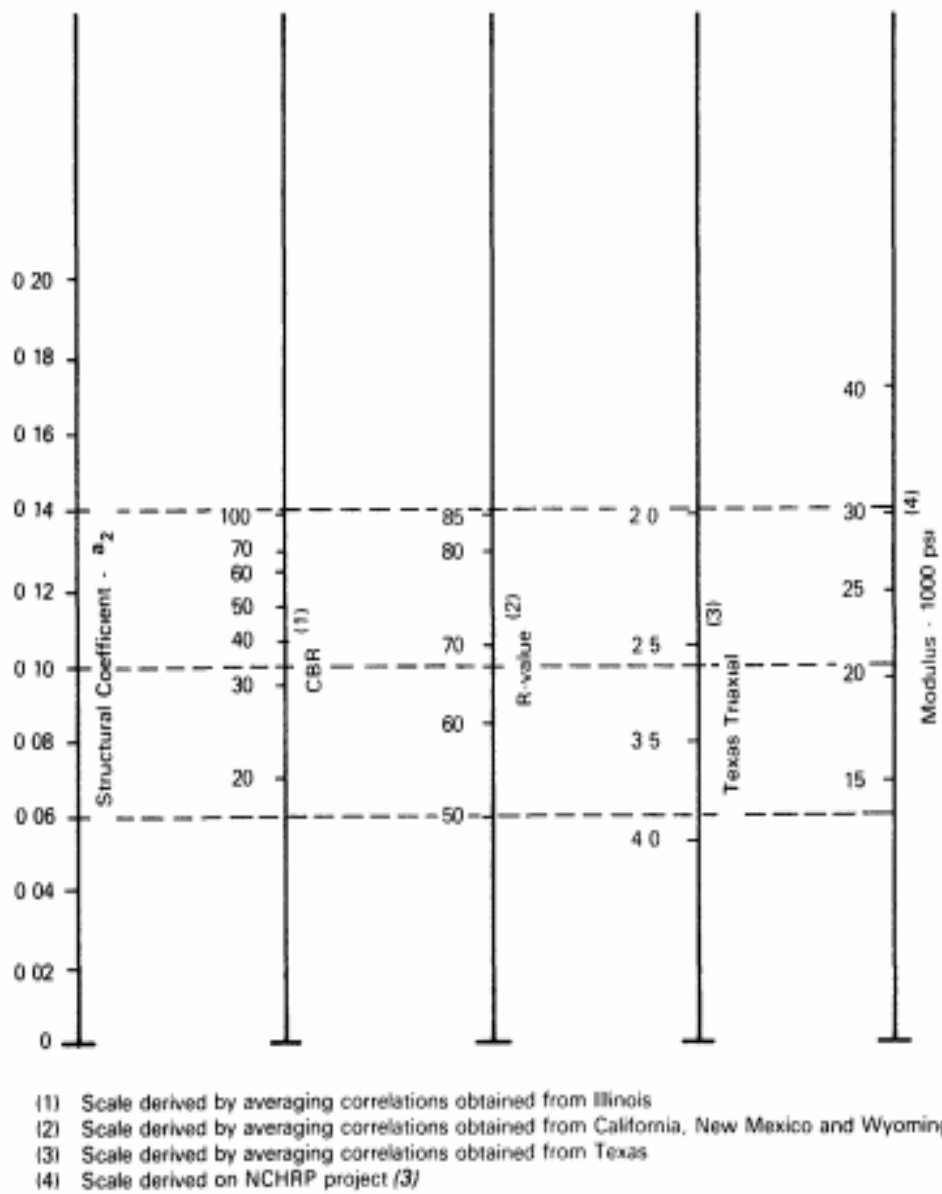
Koefisien lapisan a_1 diestimasikan dengan didasarkan modulus elastis aspal beton pada suhu 68°C (AASHTO 1993). Koefisien lapisan a_1 didapat dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.9.



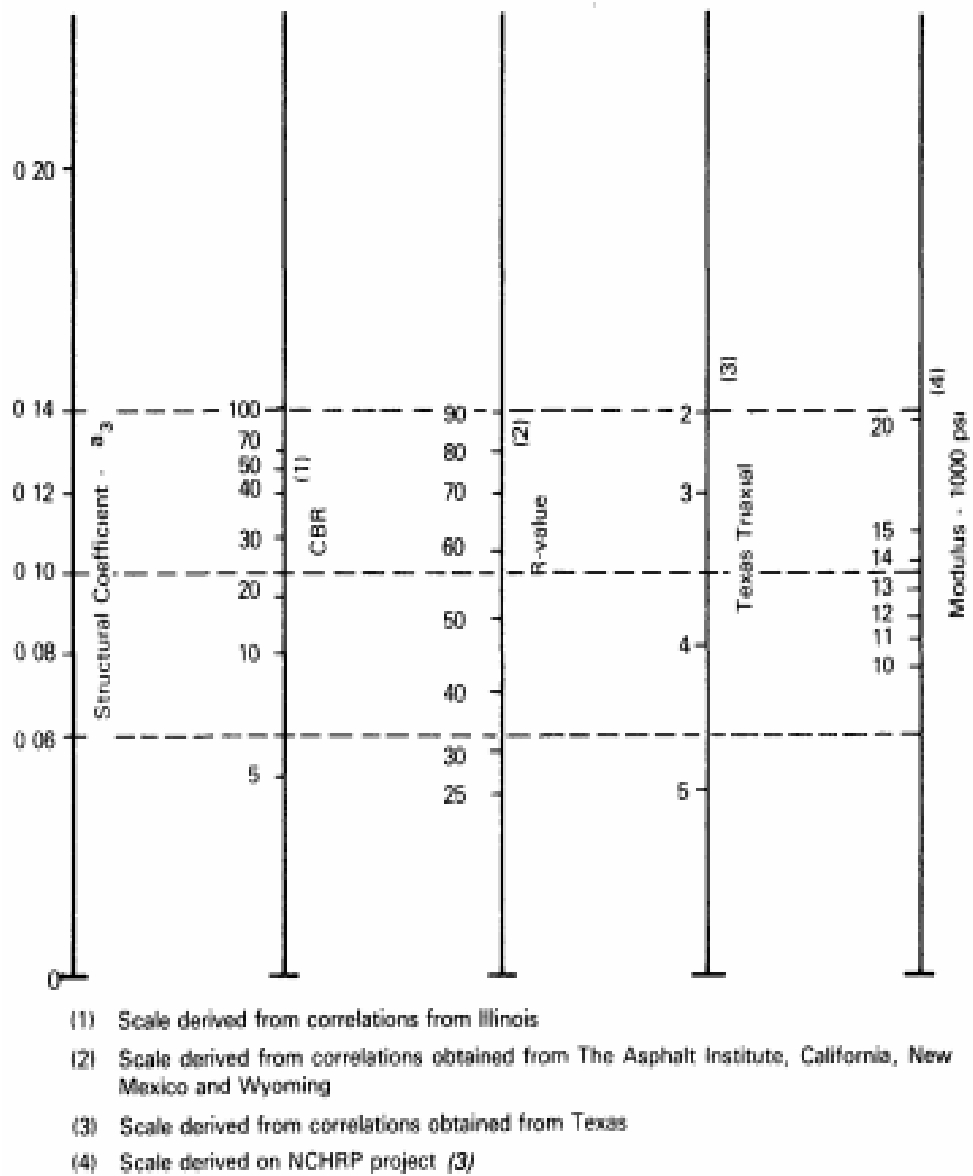
Gambar 2.9. Koefisien lapisan beton beraspal gradasi rapat (a_1) (AASHTO, 1993)

Koefisien lapisan a_2 , modulus *resilient* (MR) donotasikan sebagai EBS. Koefisien lapisan a_2 didapat dengan grafik pada Gambar 2.9., 2.10., 2.11., atau dengan persamaan berikut :

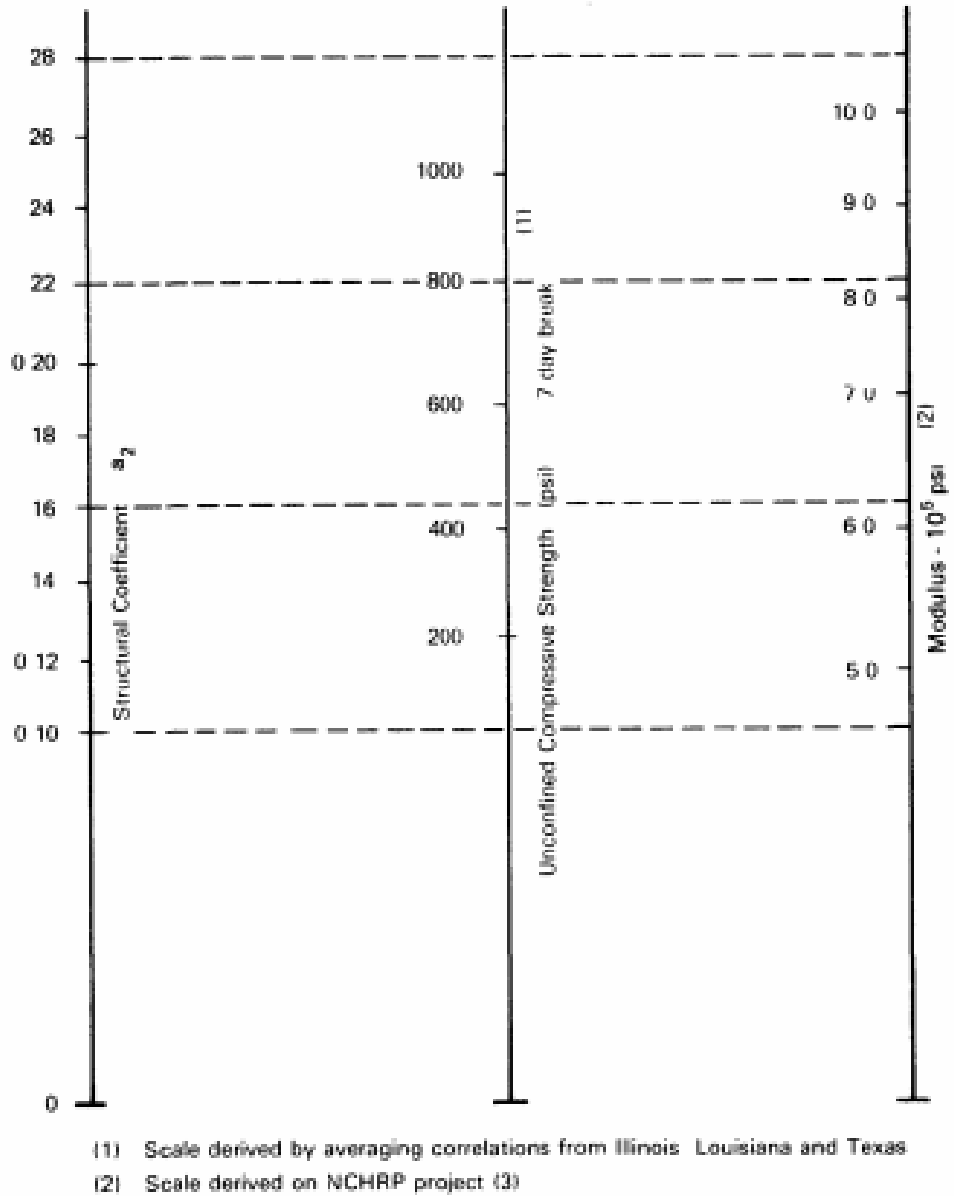
$$a_2 = 0.249(\log_{10}EBS) - 0.977 \dots \dots \dots (2.10)$$



Gambar 2.10. Koefisien lapisan fondasi atas granular (a_2) (AASHTO, 1993)



Gambar 2.11. Koefisien lapisan fondasi bawah granular (a_3) (AASHTO, 1993)



Gambar 2.12. Koefisien lapisan fondasi atas *cement – treated base* (CTB)

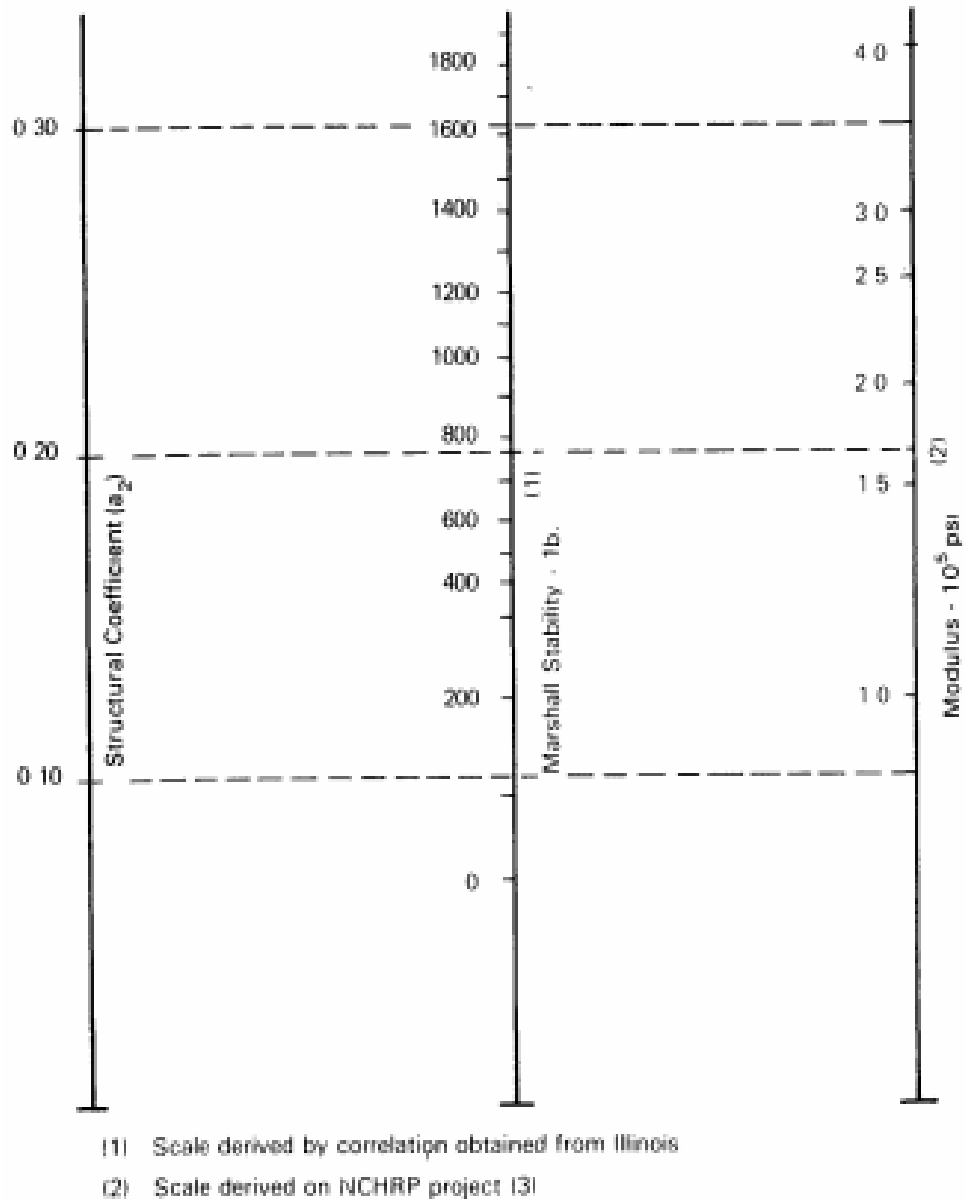
(a2) (AASHTO, 1993)

Koefisien lapisan a3, modulus *resilient* (MR) dinotasikan sebagai ESB.

Koefisien lapisan a3 didapat dengan grafik pada Gambar 2.13. atau

dengan persamaan berikut :

$$a_3 = 0.277(\log_{10} E_{BS}) - 0.839 \dots \dots \dots (2.11)$$

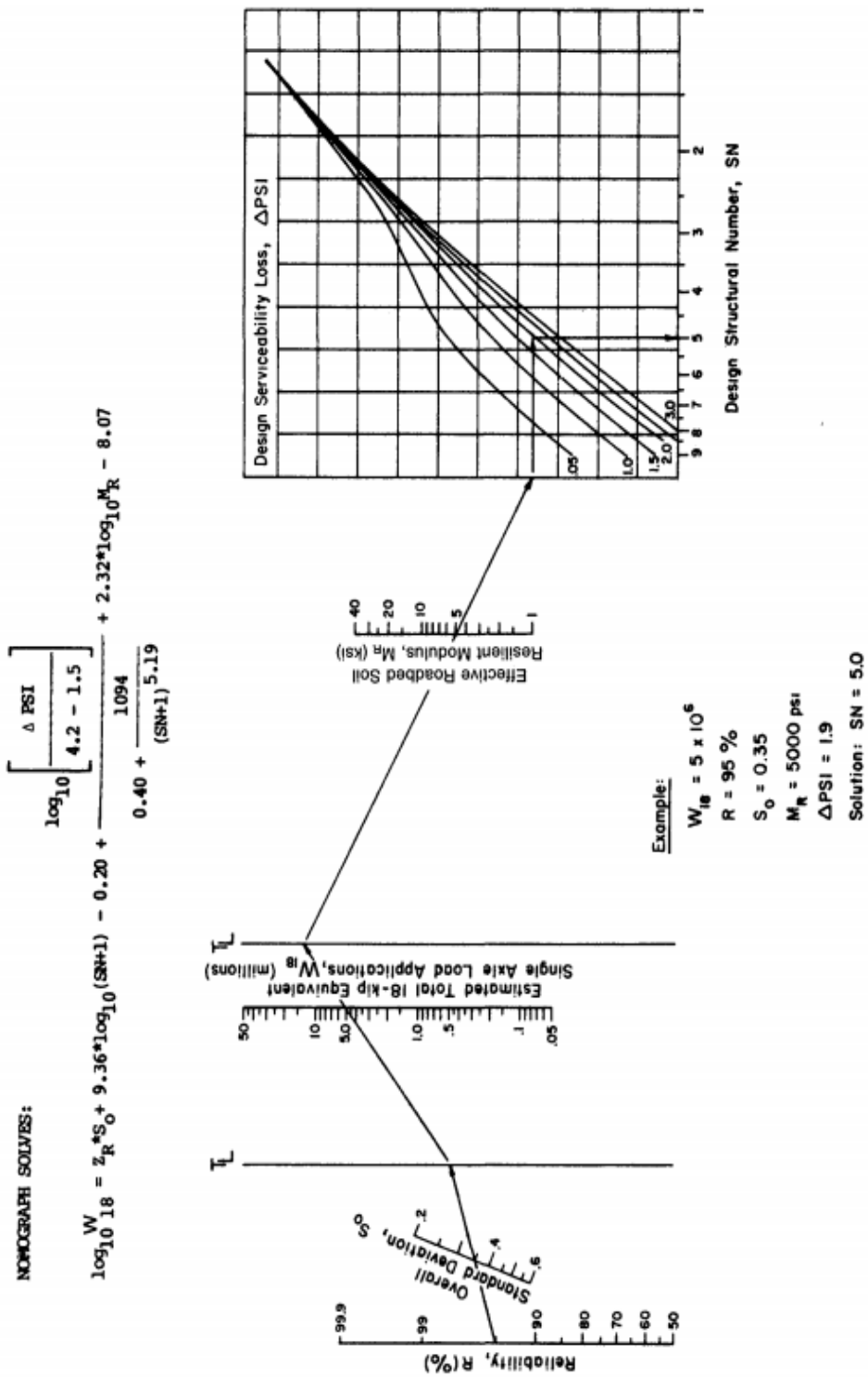


Gambar 2.13. Koefisien lapisan fondasi atas *bituminous – treated base* (BTB) (a_2) (AASHTO, 1993)

Tabel 2.7. Koefisien lapisan (a_i) (Bina Marga, 1987)

Koefisien Lapisan			Kekuatan 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)
0.20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0.28	-	590	-	-	
-	0.26	-	454	-	-	Laston atas
-	0.24	-	340	-	-	
-	0.23	-	-	-	-	Lapen (mekanik)
-	0.19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0.15	-	-	22	-	Stabilitas tanah - semen
-	0.13	-	-	18	-	
-	0.15	-	-	22	-	Stabilitas tanah - kapur
-	0.13	-	-	18	-	
-	0.14	-	-	-	100	Batu pecah (Kelas A)
-	0.13	-	-	-	80	Batu pecah (Kelas B)
-	0.12	-	-	-	60	Batu pecah (Kelas C)
-	-	0.13	-	-	70	Sirtu/pitrun (Kelas A)
-	-	0.12	-	-	50	Sirtu/pitrun (Kelas B)
-	-	0.11	-	-	30	Sirtu/pitrun (Kelas C)
-	-	0.10	-	-	20	Tanah/lempung berpasir

8) Menghitung *structural number* (SN) menggunakan persamaan 2.4 atau dengan nomogram pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Nomogram untuk mencari SN pada perkerasan lentur (AASHTO, 1993)

- 9) Menghitung *structural number* (SN) dengan hubungan antara koefisien lapisan dan koefisien drainase dengan persamaan 2.3. Untuk menghitung masing masing tebal lapis perkerasan dapat menggunakan rumus berikut :
- Structural number* 1 (SN1)

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

SN1 = *structural number* untuk lapis permukaan

D1 = tebal lapis perkerasan

a1 = koefisien lapisan

b) *Structural number 2 (SN2)*

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN^*1}{a_2 \cdot m_2} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

SN2 = *structural number* untuk lapisan fondasi atas

D2 = tebal lapis perkerasan

a2 = koefisien lapisan

m2 = koefisien drainase

c) *Structural number 3 (SN3)*

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN^*1 + SN^*2)}{a_3 \cdot m_3} \dots \dots \dots (2.14)$$

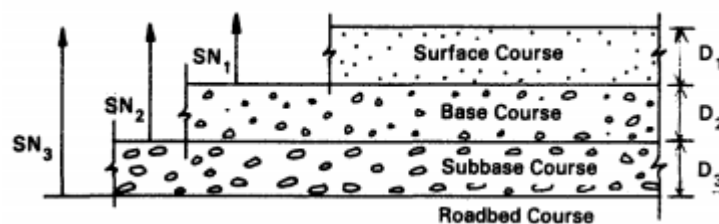
Dimana :

SN3 = *structural number* untuk lapisan fondasi bawah

D3 = tebal lapis perkerasan

a3 = koefisien lapisan

m3 = koefisien drainase



Gambar 2.15. Ketentuan perencanaan menurut AASHTO (AASHTO, 1993)

d) Syarat ketebalan minimum lapis perkerasan

Menurut AASHTO (1993) dalam desain lapisan perkerasan perlu mempertimbangkan keefektivan biaya sepanjang pembangunan dan perawatan sehingga perlu adanya batas minimum tebal masing –

masing lapisan. Tebal minimum campuran beraspal dan lapis fondasi adalah :

Tabel 2.8. Tebal minimum campuran aspal dan lapis fondasi
(AASHTO, 1993)

Lalu Lintas Rancangan ESAL	Campuran Beraspal (in)	LAPEN (in)	LASBUT AG (in)	Agregat Lapis Fondasi (in)
< 50.000	1*	2	2	4
50.001 - 150.000	2	-	-	4
150.001 - 500.000	2,5	-	-	4
500.001 - 2.000.000	3	-	-	6
2.000.001 - 7.000.000	3,5	-	-	6
> 7.000.000	4	-	-	6

2.2.6. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

a. Metode Manual Desain Perencanaan 2017

Manual Desain Perkerasan 2017 merupakan metode perencanaan perkerasan yang digunakan oleh Bina Marga. Metode MDP ini menggunakan metode mekanistik empiris yang sudah umum digunakan di berbagai negara berkembang. Versi terbaru MDP adalah Manual Desain Perkerasan 2017 yang merupakan revisi dari versi 2013.

b. Langkah – langkah perencanaan metode Manual Desain Perencanaan 2017

1) Umur rencana (UR)

Menurut Hardiyatmo (2015), umur rencana adalah jangka waktu struktur perkerasan mampu melayani beban lalu lintas. Parameter perancangan yang berpengaruh pada umur pelayanan total dari perkerasan adalah jumlah total beban lalu lintas. Oleh sebab itu, lebih cocok bila untuk menggambarkan umur rancangan perkerasan dinyatakan dalam istilah beban lalu lintas rancangan total (*total design traffic load*).

Tabel 2.9. Umur rencana perkerasan jalan baru (Bina Marga, 2017)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun) ⁽¹⁾
	Lapis aspal dan lapis berbutir ⁽²⁾ Fondasi jalan	20
Perkerasan lentur	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan <i>Cement Treated Based (CTB)</i>	40
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

2) Menentukan struktur perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.10 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

Tabel 2.10. Pemilihan jenis perkerasan (Bina Marga, 2017)

Struktur perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 - 0,5	0,1 - 4	> 4 - 10	> 10 - 30	> 30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5 %)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan (CTB ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis fondasi oil cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

3) Analisis volume lalu lintas

Analisis volume lalu lintas digunakan untuk menghitung beban lalu lintas sesuai umur rencana jalan. Komponen beban lalu lintas antara lain :

- a) Beban gandar kendaraan
- b) Volume lalu lintas

Analisa lalu lintas berpedoman pada survey lalu lintas :

- a) Survey lalu lintas minimal selama 7 hari penuh.
- b) Data survey lalu lintas terdahulu.
- c) Nilai perkiraan untuk jalan dengan lalu lintas rendah, dapat menggunakan Tabel 2.11.

Tabel 2.11. Perkiraan lalu lintas untuk jalan lalu lintas rendah (kasus beban terbelah) (Bina Marga, 2017)

Deskripsi Jalan	LHR dua arah (Kend/hari)	Kendaraan berat (% dari lalu lintas)	Umur rencana (th)	Pertumbuhan lalu lintas (%)	Faktor pengali pertumbuhan kumulatif lalu lintas	Kelompok sumbu/kendara an berat	Kumulatif HVAG (kelompok sumbu)	Faktor ESA/HVAG	Beban lalu lintas desain (aktual) (ESA4)
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat	30	3	20	1	22	2	14.454*	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil dua arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^4
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^5
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3.5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^6$
Jalan kolektor	2000	7	20	3.5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^6

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata – rata tahunan (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Jenis kendaraan yang diperhitungkan dalam analisis adalah kendaraan roda 6 atau lebih.

4) Perkembangan lalu lintas (i)

Perkembangan lalu lintas didasarkan oleh data – data lalu lintas sebelumnya. Apabila tidak adanya data terdahulu maka dapat menggunakan Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) (%) (Bina Marga, 2017)

	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata - rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*) :

$$R = \frac{(1+0.01 i)^{UR}-1}{0.01 i} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan :

R = faktor pengali perkembangan lalu lintas

i = perkembangan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahunan)

Jika terjadi perbedaan laju perkembangan lalu lintas selama umur rencana, dengan i1% (UR1) pada awal umur rencana dan i2% pada sisa umur rencana (UR – UR1), maka menggunakan persamaan :

$$R = \frac{(1+0.01 i1)^{UR1}-1}{0.01 i1} + (1 + 0.01 i1)^{(UR1-1)}(1+0.01 i2) \left\{ \frac{(1+0.01 i2)^{(UR-UR1)}-1}{0.01 i2} \right\} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan :

R = faktor pengali perkembangan lalu lintas

i1 = perkembangan lalu lintas pada awal priode (%)

i2 = perkembangan lalu lintas pada sisa periode (%)

UR = total umur rencana (tahun)

UR1 = umur rencana periode 1 (tahun)

Volume diatas digunakan untuk rasio volume kapasitas (RVK) yang belum mencapai tingkat kejenuhan (RVK) ≤ 0.85. Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke Q dari rencana umur (UR), faktor pengali perkembangan lalu lintas dihitung dengan persamaan :

$$R = \frac{(1+0.01 i)^Q-1}{0.01 i} + (UR - Q) (1 + 0.01 i)^{(Q-1)} \dots\dots\dots(2.17)$$

5) Lalu lintas pada lajur rencana

Lajur rencana adalah bagian ruas jalan yang berupa jalur untuk melayani lalu lintas. Pada beban lalu lintas lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan mempertimbangkan parameter seperti faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur . Beban pada tiap lajur harus sesuai kapasitas lajur sebagaimana mengacu Permen PU No. 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

Tabel 2.13. Faktor Distribusi Lajur (DL) (Bina Marga, 2017)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

6) Faktor Ekuivalen Beban (*vehicle damage factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar(ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Tabel 2.14. Pengumpulan Data Beban Gandar (Bina Marga, 2017)

Spesifikasi penyediaan prasarana jalan	Sumber data beban gandar
Jalan bebas hambatan	1 atau 2
Jalan raya	1 atau 2 atau 3
Jalan sedang	2 atau 3
Jalan kecil	2 atau 3

Sumber data beban gandar :

- a) Jembatan timbang kendaraan, timbangan statis atau WIM (survey langsung).
- b) Survey beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
- c) Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga.

Apabila survey beban gandar tidak memungkinkan dan tidak ada data terdahulu, maka gunakan nilai VDF pada Tabel 2.15 dan 2.16. Tabel 2.15 menunjukkan nilai VDF regional masing – masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari data studi WIM yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2012 – 2013. Data tersebut diperbaharui sekurang – kurangnya 5 tahun. Apabila survey lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan kendaraan niaga, dapat digunakan data VDF masing – masing kendaraan menurut Tabel 2.16. Untuk periode beban faktual (sampai tahun 2020), menggunakan nilai VDF beban nyata. Untuk periode beban normal (terkendali) tahun 2021 keatas, menggunakan VDF normal dengan muatan sumbu seberat 12 ton. Perkiraan beban gandar kawasan dengan lalu lintas rendah dapat mengacu pada Tabel 2.17.

Tabel 2.15. Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga (Bina Marga, 2017)

Jenis kendaraan	Sumatra			Jawa			Kalimantan			Sukawesi			Bali, Nusa tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal	Beban aktual		Normal	Beban aktual		Normal	Beban aktual		Normal	Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	3,0	4,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8
7C2A	19,8	39	6,1	8,1	17,7	33	7,6	10,2	8,2	14,7	4	5,2	20,2	42	6,6	8,5
7C2B	20,7	42,8	6,1	8	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17	28,8	9,3	13,5
7C3	24,5	51,7	6,4	8	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15	28,7	59,6	6,9	8,8

Tabel 2.16. Nilai VDF masing – masing kendaraan niaga (Bina Marga, 2017)

Jenis kendaraan Klasifikasi Alternatif lama	Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan yang diangkat	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / Kendaraan)													
					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4	VDF5	VDF5	VDF5	VDF5	VDF5								
1	1 Sepeda motor	1.1	Muatan yang diangkat	2	30,4															
2,3,4	2,3,4 Sedan / angkot / pick up / Station wagon	1.1		2	51,7	74,3														
5a	5a Bus kecil	1.2		2	3,5	5	0,3													
5b	5b Bus besar	1.2		2	0,1	0,2	1													
6a.1	6a.1 Truk 2 sumbu - cargo ringan	1.1	muatan umum	2	4,6	6,6	0,3													
6a.2	6a.2 Truk 2 sumbu - ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			0,8													
6b1.1	6b1.1 Truk 2 sumbu - cargo sedang	1.2	muatan umum	2	-	-	0,7													
6b1.2	6b1.2 Truk 2 sumbu - sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			1,6													
6b2.1	6b2.1 Truk 2 sumbu - berat	1.2	muatan umum	2	3,8	5,5	0,9													
6b2.2	6b2.2 Truk 2 sumbu - berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			7,3													
7a1	7a1 Truk 3 sumbu - ringan	1.22	muatan umum	3	3,9	5,6	7,6													
7a2	7a2 Truk 3 sumbu - sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3			28,1													
7a3	7a3 Truk 3 sumbu - berat	1.1.2		3	0,1	0,1	28,9													
7b	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,7	36,9													
7c1	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	1.2-2.2		4	0,3	0,5	13,6													
7c2.1	7c2.1 Truk 5 sumbu - trailer	1.2-2.2		5	0,7	1	19													
7c2.2	7c2.2 Truk 5 sumbu - trailer	1.2-2.2		5			30,3													
7c3	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	1.22-2.22		6	0,3	0,5	41,6													

KENDARAAN NIAGA

7) Beban sumbu standar kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle* (CESA) adalah beban kumulatif lalu lintas selama umur rencana jalan, dengan persamaan berikut :

Digunakan nilai VDF kendaraan

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan

ESA_{TH-1} : kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (equivalent standar axle) pada tahun pertama.

LHR_{JK} : lintasan harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} : Faktor Ekvivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 2.15 dan 2.16.

DD : Faktor distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 2.13)

$CESAL$: Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif (persamaan 2.19)

8) Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan Lalu Lintas Rendah (Bina Marga, 2017)

Tabel 2.17. Perkiraan lalu lintas untuk jalan lalu lintas rendah

Deskripsi Jalan	LHR dua arah (Kend/hari)	Kendaraan berat (% dari lalu lintas)	Umur rencana (th)	Pertumbuhan lalu lintas (%)	Faktor pengali pertumbuhan kumulatif lalu lintas	Kelompok sumbu/kendara an berat	Kumulatif HVAG (kelompok sumbu)	Faktor ESA/HVAG	Beban lalu lintas desain (aktual) (ESA4)
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat	30	3	20	1	22	2	14.454*	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil dua arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^4
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^5
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3.5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^6$
Jalan kolektor	2000	7	20	3.5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^6

9) Menentukan CBR tanah dasar

Tanah dasar di Indonesia umumnya mempunyai CBR antara 2 % - 4 %

Ada 2 perhitungan CBR karakteristik :

a) Metode distribusi normal standar

CBR Karakteristik = CBR rata – rata – f x deviasi standar.....(2.19)

F = 1,645 (probabilitas 95 %) untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan

F = 1,282 (probabilitas 90 %) untuk jalan kolektor dan arteri

F = 0,842 (probabilitas 80 %) untuk jalan lokal dan jalan kecil

Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25 % dengan toleransi hingga 30 %.

b) Metode persentil

Nilai persentil ke “x” dari data dibagi dua bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung (100 – x) persen data.

Tabel 2.18. Indikasi perkiraan nilai CBR (Bina Marga, 2017)

Posisi muka air tanah (Tabel 6.2)		Dibawah standar minimum (tidak dianjurkan)	Sesuai desain standar	≥ 1200 mm dibawah tanah dasar	
Implementasi					
Jenis tanah	PI	Semua galian kecuali seperti ditunjukkan untuk kasus - 3 dan timbunan tanpa drainase yang baik dan LAP* < 1000 mm di atas muka tanah asli			Galian di zona iklim 1** dan semua timbunan berdrainase baik ($m \geq 1$) dan LAP > 1000 mm di atas muka tanah asli
Lempung	50 - 70	1	2	3	
Lempung kelanauan	40	2	2	2,5	
	30	2,5	3	3,5	
	20	3	4	4	
	10	4	4	5	
Lanau		4	4	5	
		1	1	2	

Tabel 2.19. Desain fondasi jalan minimum (Bina Marga, 2017)

CBR tanah dasar (%)	Kelas kekuatan tanah dasar	Uraian struktur fondasi	Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)		
			< 2	2 - 4	
Tebal minimum perbaikan tanah dasar			Tebal minimum perbaikan tanah dasar		
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan spesifikasi umum, divisi 3 - pekerjaan tanah)	Tidak diperlukan perbaikan		
5	SG5		-	-	100
4	SG4		100	150	200
3	SG3		150	200	300
2,5	SG2,5	(pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal)	175	250	350
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5 %)			400	500	600
Perkerasan diatas tanah lunak			1000	1100	1200
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain berlaku)			650	750	850
Lapis penopang atau lapis penopang dan geogrid			1000	1250	1500
Lapis penopang berbutir					Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur

Tabel 2.20. Desain perkerasan lentur opsi biaya minimum dengan CTB (Bina Marga, 2017)

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
Untuk lalu lintas dibawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A - 3B dan 3 C					
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	> 200 - 500
Jenis permukaan fondasi	AC				AC
Jenis lapis fondasi		Cement Treated Base (CTB)			
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Tabel 2.21. Desain Perkerasan Lentur dengan HRS (Bina Marga, 2017)

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	FF1 < 0,5	$0,5 \leq \text{FF2} \leq 4,0$
	HRS atau penetrasi makadam	HRS
Jenis permukaan	Tebal lapis (mm)	
Struktur perkerasan		
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10 % ³	150	125

2.2.7. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi. (Nugroho dkk., 2009). Menurut Ibrahim (2008) dalam Nasrul (2013), anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Menurut Kurniawan (2014), biaya merupakan jumlah dari masing – masing hasil perkiraan volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan.

Secara garis besar, rumus perhitungan RAB adalah :

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

Dalam rencana anggaran biaya, terdapat beberapa komponen, antara lain :

a. Pekerjaan

Dalam suatu proyek pembangunan, pasti terdapat item pekerjaan yang disesuaikan dengan kebutuhan pembangunan agar proyek dapat terlaksana sesuai rencana.

b. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan kuantitas pekerjaan pada tiap tiap item pekerjaan sutau proyek pembangunan.

c. Harga satuan pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. (Messah dkk., 2013)

d. Rekapitulasi biaya dan pajak

Perhitungan akhir rencana anggaran biaya adalah rekapitulasi biaya dari setiap item pekerjaan, selain itu perlu juga ditambah dengan pajak sebesar 10 – 15 % dari biaya pembangunan dan didapat biaya total proyek pembangunan