

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Perkerasan Jalan

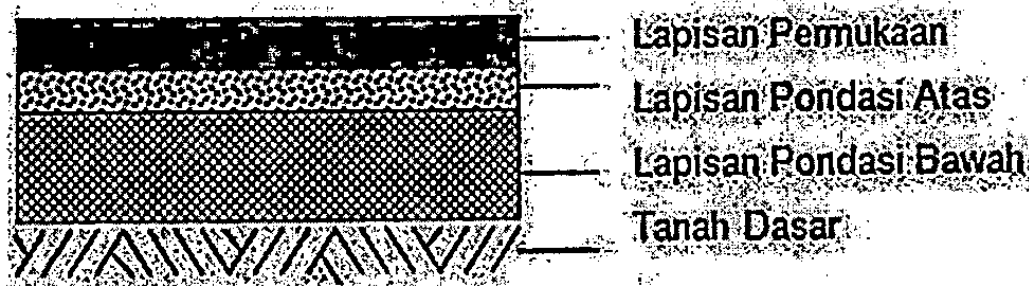
Perkerasan jalan merupakan konstruksi jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang terletak di atas tanah dasar, terdiri dari beberapa lapisan bahan dengan kualitas yang berbeda-beda. Menurut Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan fondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.
3. Perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

B. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan perkerasan ini meneruskan beban lalu lintas kendaraan dari permukaan sampai ke tanah dasar. Setiap lapisan perkerasan akan menerima beban yang berbeda-beda dan tanah dasar menerima beban terkecil (Sukirman, 1999).

Perkerasan lentur secara garis besar dapat dikatakan sebagai bahan yang fleksibel. Desain perkerasan yang fleksibel didasarkan pada pendistribusian beban sampai ke tanah dasar. Perkerasan lentur pada umumnya seperti yang ditunjukkan



Gambar 2.1 Struktur Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Struktur perkerasan lentur mempunyai susunan yang terdiri atas beberapa lapisan yaitu:

1. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Lapisan permukaan ini berfungsi sebagai :

- a. Lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan
- b. Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapis aus)
- c. Lapisan yang mencegah air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya.

2. Lapis Pondasi Atas (*base course*)

Merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (atau tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah). Kualitas bahan pada lapisan ini lebih baik dari pada lapis pondasi bawah (Sukirman, 1999). Fungsi lapis pondasi atas adalah :

- a. Sebagai perletakan struktural terhadap lapis permukaan (*surface course*)
- b. Pemikul beban horizontal dan vertikal yang selanjutnya ditransfer ke lapisan dibawahnya
- c. Mencegah kapilaritas air yang berasal dari lapisan dibawahnya. Beberapa

1) Lapis *telford*

Lapis *telford* dibuat dari batu belah (15-25 cm) dan batu pengunci atau pengisi. Batu belah diatur diatas pasir setebal 10 cm, digunakan untuk peresapan. Susunan batu diatur dengan tenaga manusia dan diusahakan tongga antara batu belah sekecil mungkin.

2) Lapis macadam basah (*water bound macadam*)

Lapisan macadam basah dibuat dengan bahan batu pecah bergradasi tertentu, dengan syarat bersih, awet, keras, bersudut tajam, dan tahan aus. Batu pecah tersebut harus ditambah dengan bahan ikat yaitu tanah liat dan umumnya bergradasi terbuka. Apabila sesuatu perkerasan direncanakan tidak menggunakan lapis pondasi bawah, maka untuk menghindari masuknya tanah dasar ke lapis pondasi karena rongga roda, dapat diberi lapisan berupa pasir setebal 2,5 - 8 cm. Dalam pelaksanaannya batu pecah dihamparkan kemudian diikuti dengan penggilasan, bahan ikat ditaburkan, disiram air agar butiran bahan ikat masuk kedalam rongga.

3) Lapis makadam kering (*dry macadam*)

Bahan yang dipakai sama dengan lapis makadam basah yang membedakan yaitu pelaksanaannya tanpa diberi siraman air. Untuk menggantikannya pada saat penggilasan dipakai alat pemadat getar.

4) Lapis penetrasi makadam (*penetration macadam*)

Lapis penetrasi makadam selain untuk lapis pondasi, lapisan ini juga bisa digunakan untuk lapis permukaan. Pada umumnya digunakan bahan dari batu pecah, batu pengunci, dan bahan ikat aspal. Batu pecah yang digunakan biasanya memiliki gradasi terbuka (ukuran tunggal) tetapi juga dapat digunakan gradasi rapat.

5) Lapis batu pecah (*aggregate base dry stone*).

Lapis batu pecah dikembangkan sebagai pengganti lapis

makadam. Bahan yang digunakan adalah batu pecah pecahan mesin dengan ukuran batu:

- a) Batu pecah kelas A dengan nilai CBR 100%
 - b) Batu pecah kelas B dengan nilai CBR 80%
 - c) Batu pecah kelas C dengan nilai CBR 60%
- 6) Lapis dengan tanah yang distabilisasi

Tanah yang telah distabilisasi atau telah ditingkatkan dan diperbaiki mutunya dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas. Stabilisasi yang dilakukan dapat bermacam - macam disesuaikan dengan kondisi, biaya, dan lokasi konstruksi jalan.

3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi atas dengan tanah dasar. Fungsi lapisan ini adalah:

- a. Sebagai lapis pertama agar pekerjaan berikutnya berjalan dengan baik. Hal ini berhubungan dengan kuat dukung tanah dasar terhadap beban roda
- b. Struktur perkerasan yang mendukung dan mendistribusikan beban
- c. Lapisan yang mencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi di atasnya
- d. Untuk efisiensi penggunaan material yang murah agar lapisan yang lain dapat dikurangi ketebalannya (penghematan biaya konstruksi)
- e. Sebagai lapisan penutup tanah dasar dari pengaruh cuaca sehingga dapat mempertahankan daya dukung tanah dasar.

Bahan yang sering dipakai antara lain:

- a. Lapis aspal beton (laston) bawah
- b. Pasir dan batu (sirtu) kelas A dengan nilai CBR 70%
- c. Pasir dan batu (sirtu) kelas B dengan nilai CBR 50%
- d. Pasir dan batu (sirtu) kelas C dengan nilai CBR 30%

4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula. Lapisan ini merupakan permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Lapisan tanah dasar merupakan bagian terbawah yang menerima beban. Lapisan ini jarang yang seragam karena berasal langsung dari alam. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi yang detail pada banyak titik untuk mengetahui kekuatan tanah dasar tersebut. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Persoalan yang menyangkut tanah dasar antara lain sebagai berikut:

- 1) Perubahan bentuk tetap (delformasi permanen) dari jenis tanah tertentu akibat beban lalu lintas
- 2) Sifat kembang susut tanah akibat perubahan kadar air
- 3) Daya dukung tanah pada daerah dengan lapisan tanah yang berbeda atau tidak sama dan sukar ditentukan secara pasti sehingga mempunyai sifat dan kedudukan yang berbeda pula
- 4) Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas. Serta perbedaan penurunan akibat adanya lapisan tanah lunak dibawah tanah dasar
- 5) Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan
- 6) Kondisi geologis dari lokasi jalan perlu dipelajari dengan teliti untuk

C. Parameter Desain

1. Fungsi Jalan

a. Jalan Arteri

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatas secara efisien.

b. Jalan Kolektor

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah masuk tidak dibatasi.

d. Jalan Lingkungan

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang diperlukan dalam desain struktur perkerasan jalan adalah jumlah total perulangan beban sumbu standar ekivalen yang diperkirakan akan lewat pada lajur rencana jalan yang sedang didesain selama masa layan. Berikut adalah tahapan perhitungan beban lalu lintas tersebut.

a. Data Lalu Lintas

Lalu lintas yang menggunakan jalan umumnya merupakan lalu lintas campuran, seperti kendaraan bermotor dan tidak bermotor, kendaraan cepat dan kendaraan lambat, kendaraan kecil dan besar, kendaraan ringan dan berat, kendaraan pribadi dan angkutan (penumpang atau barang), konfigurasi sumbu dan jumlah serta jenis komoditas yang di angkut. Selain itu, kendaraan tersebut juga masih dapat dibedakan lebih jauh menurut sifat pengoperasiannya, seperti maksud perjalanan atau panjang perjalanan. Pengaruh dari masing masing jenis kendaraan

tersebut baik kualitas pelayanan lalu lintas maupun terhadap kerusakan struktur perkerasan tentunya akan berbeda-beda. Kendaraan yang berukuran besar, lambat, dan sering berhenti akan lebih mengganggu kelancaran lalu lintas, dibandingkan dengan kendaraan yang berukuran kecil, cepat dan sedang melakukan perjalanan jauh. Seperti telah diketahui, besarnya pengaruh tersebut dinyatakan dengan faktor SMP (Satuan Mobil Penumpang).

Sedangkan pengaruh dari berbagai jenis kendaraan terhadap integritas struktur perkerasan lentur lebih ditentukan oleh beban sumbu kendaraan dan lama pembebanan (statis atau dinamis). Kendaraan yang berat dan sedang berhenti akan lebih merusak struktur perkerasan dibandingkan dengan kendaraan yang ringan dan sedang berjalan. Besarnya pengaruh beban sumbu terhadap terhadap kerusakan perkerasan dinyatakan dengan Faktor Ekuivalen (FE).

Karakteristik lalu lintas yang beragam pada dasarnya harus dapat diperkirakan pada saat proses desain. Jenis data lalu lintas yang umumnya diperlukan untuk keperluan desain struktur perkerasan adalah sebagai berikut :

- 1) Volume lalu lintas harian rata-rata dalam setahun.
- 2) Faktor distribusi lalu lintas ke dalam lajur rencana.
- 3) Komposisi kendaraan yang dibedakan kedalam jenis mobil penumpang, bus, truk ringan, truk berat, truk gandengan.
- 4) Berat sumbu yang mewakili untuk masing-masing jenis kendaraan.
- 5) Perkiraan tingkat pertumbuhan lalu lintas tahunan selama masa layan.

b. Umur Rencana

Umur rencana adalah jangka waktu dalam tahun sampai perkerasan harus diperbaiki lagi ataupun ditingkatkan masa layannya.

d. Faktor Ekivalen

Faktor ekivalen (FE) merupakan faktor konversi beban sumbu kendaraan terhadap beban sumbu standar.

3. Stabilitas Tanah Dasar

Filosofi dari teknik perkerasan lentur adalah bahwa struktur perkerasan didesain untuk dapat menahan dan menyalurkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga tegangan yang disalurkan pada lapisan-lapisan perkerasan dan tanah dasar yang ada di bawahnya masih mampu dipikul oleh masing-masing lapisan tersebut sesuai dengan kapasitasnya. Tanah dasar yang umumnya merupakan tanah asli (galian atau timbunan) yang relatif lemah, memiliki peranan yang sangat penting bagi kestabilan sistem perkerasan dan juga nilai ekonomi. Untuk kondisi desain tertentu, makin tinggi stabilitas tanah dasar maka akan makin tipis struktur perkerasan yang diperlukan.

4. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan, seperti curah hujan, permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, geometri jalan, karakteristik pengoperasian kendaraan dan temperatur udara, dapat mempengaruhi masa layan struktur perkerasan, meskipun parameter desain lainnya sama, misalnya daerah bercurah hujan tinggi, struktur perkerasan dapat lebih cepat rusak dibandingkan dengan struktur perkerasan serupa yang juga memikul beban lalu lintas serupa di daerah bercurah hujan normal.

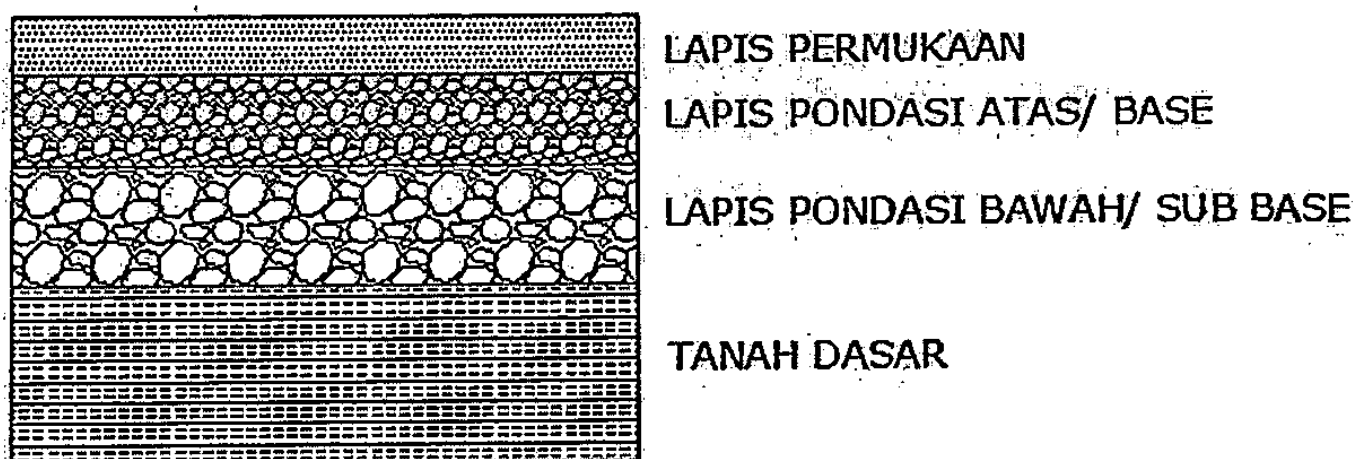
5. Kriteria Keruntuhan

Kriteria keruntuhan juga dapat dinyatakan dengan Indeks Permukaan.

Nilai Indeks Permukaan diperoleh dari pengamatan kondisi kerusakan jalan

D. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisis Komponen SKBI 1987

Jenis struktur perkerasan yang digunakan dalam desain struktur perkerasan baru menurut Metode Analisis Komponen SKBI 1987 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jenis Struktur Perkerasan Menurut Metode Analisis Komponen SKBI 1987 (Bina Marga, 1987)

Berikut adalah parameter desain perencanaan tebal perkerasan baru menggunakan Metode Analisis Komponen SKBI 1987.

1. Lalu Lintas Rencana

a. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak

Tabel 2.1 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

Sumber : Bina Marga, 1987

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

| Jumlah Lajur | Kendaraan Ringan *) | | Kendaraan Berat **) | |
|--------------|---------------------|--------|---------------------|--------|
| | 1 arah | 2 arah | 1 arah | 2 arah |
| 1 Lajur | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 2 Lajur | 0,600 | 0,500 | 0,700 | 0,500 |
| 3 Lajur | 0,400 | 0,400 | 0,500 | 0,475 |
| 4 Lajur | - | 0,300 | - | 0,450 |
| 5 Lajur | - | 0,250 | - | 0,425 |
| 6 Lajur | - | 0,200 | - | 0,400 |

Sumber : Bina Marga, 1987

*) Berat Total < 5 Ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

**) Berat Total > 5 Ton, misalnya bus, truk, traktor, semi trailer, trailer.

b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut persamaan 2.1 dan 2.2. Selain

2.1 dan 2.2, dapat juga menggunakan Tabel

Sumbu Tunggal

$$E = \frac{\text{beban satu sumbu tunggal (ton)}^4}{8,16} \quad (2.1)$$

Sumbu Ganda

$$E = 0,086 \times \frac{\text{beban satu sumbu ganda (ton)}^4}{8,16} \quad (2.2)$$

Tabel 2.3 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 | 0,9820 |
| 16000 | 35276 | 14,7815 | 1,2712 |

Sumber : Bina Marga, 1987

c. Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus-rumus Lintas Ekuivalen

- 1) Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana yang dihitung untuk dua arah pada jalan

- 2) Lalu Lintas Harian Rata-rata pada Umur Rencana dihitung menggunakan persamaan 2.3.

$$LHR_{20} = LHR_0 \times (1+i)^{UR} \quad (2.3)$$

- 3) Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung menggunakan persamaan 2.4.

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.4)$$

Dengan :

j = Jenis Kendaraan

- 4) Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dihitung menggunakan persamaan 2.5.

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.5)$$

Dengan :

i = Perkembangan Lalu Lintas

j = Jenis Kendaraan

- 5) Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung menggunakan persamaan 2.6.

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA) \quad (2.6)$$

- 6) Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung menggunakan persamaan 2.7.

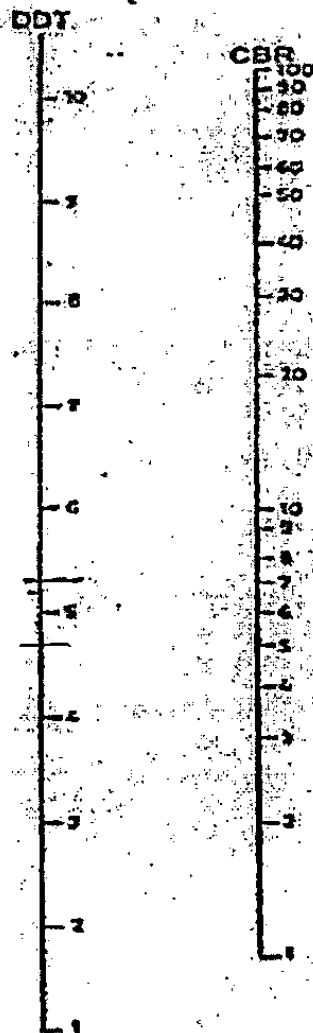
$$LER = LET \times FP \quad (2.7)$$

Dengan :

FP = Faktor Penyesuaian

2. Daya Dukung Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi (Gambar 2.3). Yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium.



Gambar 1
KORELASI DDT DAN CBR

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

Gambar 2.3 Daya Dukung Tanah (DDT)

3. Faktor Regional

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan

kendaraan yang berhenti sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun.

Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinemen (kelandaian dan tikungan), presentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan). Faktor regional ditentukan dari Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Regional (FR)

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

Sumber : Bina Marga, 1987

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

4. Indek Permukaan (IP)

Nilai Indeks Permukaan beserta artinya sebagai berikut :

- 1) IP = 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga mengganggu lalu lintas kendaraan
- 2) IP = 1,5 menyatakan tingkat pelayanan rendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)
- 3) IP = 2 menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih cukup
- 4) IP = 2,5 menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan IP pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lalu lintas ekuivalen rencana (LER) seperti pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

| LER = Lintas Ekivalen 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 : Bina Marga, 1987

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

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

| Jenis Permukaan | Ipo | 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 | $\leq 2,4$ | - |
| JALAN KERIKIL | $\leq 2,4$ | - |

5. Indek Tebal Perkerasan (ITP)

Untuk mencari Indeks Tebal Perkerasan (ITP) menggunakan Nomogram sesuai dengan nilai IP dan IPo (dalam nomogram IP ditunjukkan dengan Ipt).

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad (2.9)$$

Dengan :

ITP = Indeks Tebal Perkerasan

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatif bahan lapis keras

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapis keras

Untuk koefisien relatif bahan (a) yang akan digunakan pada persamaan (2.8) dapat dilihat pada Tabel 2.7 berdasarkan jenis bahan yang digunakan

Tabel 2.7 Koefisien Relatif (a)

| Koefisien Kekuatan Relatif | | | Kekuatan Bahan | | | Jenis Bahan |
|----------------------------|------|------|----------------|------------|---------|----------------------------|
| a1 | a2 | a3 | MS (kg) | Kt (kg/cm) | CBR (%) | |
| 0,40 | - | - | 744 | - | - | Laston |
| 0,35 | - | - | 590 | - | - | |
| 0,35 | - | - | 454 | - | - | |
| 0,30 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,35 | - | - | 744 | - | - | Lasbutag |
| 0,31 | - | - | 590 | - | - | |
| 0,28 | - | - | 454 | - | - | |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,30 | - | - | 340 | - | - | HRA |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | Aspal Macadam |
| 0,25 | - | - | - | - | - | Lapen (Mekanis) |
| 0,20 | - | - | - | - | - | Lapen (Manual) |
| - | 0,28 | - | 590 | - | - | Laston Atas |
| - | 0,26 | - | 454 | - | - | |
| - | 0,24 | - | 340 | - | - | |
| - | 0,23 | - | - | - | - | Lapen (Mekanis) |
| - | 0,19 | - | - | - | - | Lapen (Manual) |
| - | 0,15 | - | - | 22 | - | Stab. Tanah dengan Semen |
| - | 0,13 | - | - | 18 | - | |
| - | 0,15 | - | - | 22 | - | Stab. Tanah dengan Kapur |
| - | 0,13 | - | - | 18 | - | |
| - | 0,14 | - | - | - | 100 | Batu Pecah (Kelas A) |
| - | 0,13 | - | - | - | 80 | Batu Pecah (Kelas B) |
| - | 0,12 | - | - | - | 60 | Batu Pecah (Kelas C) |
| - | - | 0,13 | - | - | 70 | Sirtu/Pitrun (Kelas A) |
| - | - | 0,12 | - | - | 50 | Sirtu/Pitrun (Kelas A) |
| - | - | 0,11 | - | - | 30 | Sirtu/Pitrun (Kelas A) |
| - | - | 0,10 | - | - | 20 | Tanah/Lempung Kepasiran |

6. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Tabel 2.8 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Permukaan Perkerasan

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

Sumber : Bina Marga, 1987

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Tabel 2.9 Batas-batas Minimum Tebal 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 *) | Batu Pecah, Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur |
| | 10 | Laston Atas |
| 7,50 – 9,99 | 20 | Batu Pecah, Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam |
| | 15 | Laston Atas |
| 10 – 12,14 | 20 | Batu Pecah, Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas |
| ≥ 12,25 | 25 | Batu Pecah, Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas |

Sumber : Bina Marga, 1987

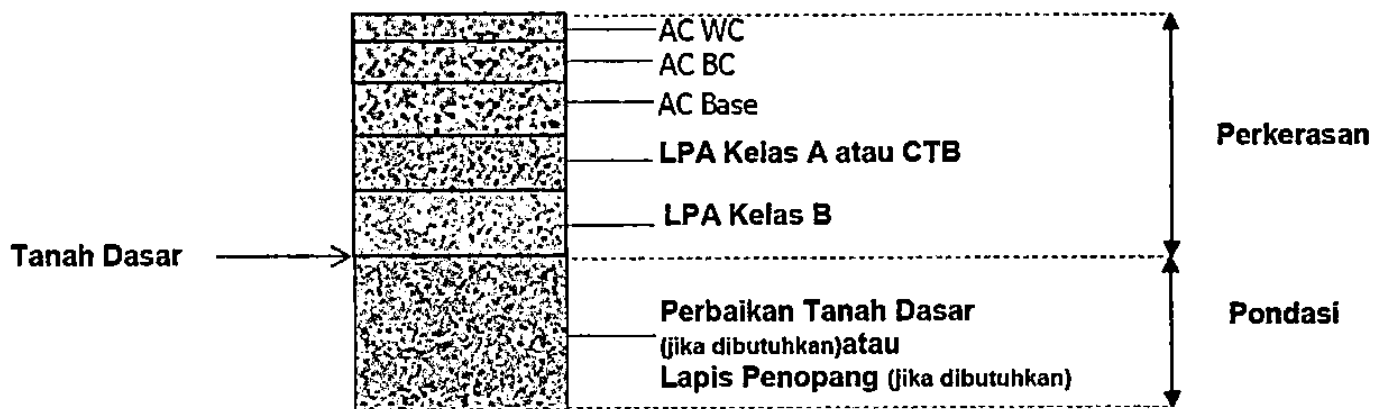
c. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Untuk setiap nilai ITP bila menggunakan pondasi bawah, tebal

E. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

1. Jenis Struktur Perkerasan

Jenis struktur perkerasan yang digunakan dalam desain struktur perkerasan baru menurut Manual Desain Perkerasan Jalan 2013.



Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)

Gambar 2.4 Jenis Struktur Perkerasan Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 (Bina Marga, 2013)

2. Perencanaan Tebal Perkerasan Baru

Sesuai dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 untuk mencapai solusi optimum harus menggunakan prosedur desain sebagai berikut :

a. Umur Rencana

Perencanaan umur rencana perkerasan baru sesuai dengan Tabel 2.10

Tabel 2.10 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

| Jenis Perkerasan | Elemen Perkerasan | Umur Rencana (Tahun) |
|---------------------|---|----------------------|
| Perkerasan Lentur | Lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB | 20 |
| | Pondasi jalan | 40 |
| | Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan. | |
| | Cement Treated Based | |
| Perkerasan Kaku | Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen dan pondasi jalan. | |
| Jalan tanpa Penutup | Semua Elemen | Minimum 10 |

Sumber : Bina Marga, 2013

Catatan :

- 1) Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana di atas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan discounted whole of life cost, dimana ditunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan discounted whole of life cost terendah.
- 2) Umur rencana tidak boleh diambil melampaui kapasitas jalan pada saat umur rencana

b. Kumulatif Kerusakan Perkerasan Secara Umum (CESA₄)

1) Analisis Volume Lalu Lintas

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survey faktual. Dalam analisis lalu lintas, terutama untuk penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lintas harian rata – rata tahunan (LHRT) agar mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor, ditambah 30% jumlah sepeda motor

Sangat penting untuk memperkirakan volume lalu lintas yang realistis. Terdapat kecenderungan secara historis untuk menaikkan data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi. Hal ini tidak boleh dilakukan untuk kebutuhan apapun. Desainer harus membuat survey cepat secara independen untuk memverifikasi data lalu lintas jika terdapat keraguan terhadap data.

2) Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data – data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka pada Tabel 2.11 digunakan sebagai nilai minimum.

Tabel 2.11 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk Desain

| | 2011 – 2020 | 2021 – 2030 |
|--------------------------|-------------|-------------|
| Arteri dan Perkotaan (%) | 5 | 4 |
| Kolektor Rural (%) | 3,5 | 2,5 |
| Jalan Desa (%) | 1 | 1 |

Sumber : Bina Marga, 2013

Untuk menghitung pertumbuhan Lalu Lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{(1 + 0,01i)^{UR} - 1}{0,01 i} \quad (2.10)$$

Dengan :

R = Faktor Pengali Pertmbuhan Lalu Lintas

i = Tingkat Pertumbuhan Tahunan

UR = Umur Rencana (tahun)

3) Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam Tabel 2.12. Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur pada setiap tahun selama umur rencana. Kapasitas lajur maksimum agar mengacu pada MKJI.

Tabel 2.12 Faktor Distribusi Lajur (DL)

| Jumlah Lajur setiap arah | Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga) |
|--------------------------|---|
| 1 | 100 |
| 2 | 80 |
| 3 | 60 |
| 4 | 50 |

Sumber : Bina Marga, 2013

4) Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Ketentuan untuk cara pengumpulan data beban lalu lintas dapat dilihat dalam Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Ketentuan Cara Pengumpulan Data Beban Lalu Lintas

| Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan | Sumber Data Beban Lalu Lintas |
|--|-------------------------------|
| Jalan Bebas Hambatan | 1 atau 2 |
| Jalan Raya | 1 atau 2 atau 4 |
| Jalan Sedang | 1 atau 2 atau 3 atau 4 |
| Jalan Kecil | 1 atau 2 atau 3 atau 4 |

Sumber : Bina Marga, 2013

5) Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu untuk ruas jalan Kelas I. Namun demikian nilai GESA selalu ditentukan

6) Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai :

$$\text{CESA} = \text{ESA} \times 365 \times R \quad (2.11)$$

Dengan :

ESA = lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) untuk 1 (satu) hari

LHRT = lintas harian rata – rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

CESA = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

c. *Traffic Multiplier* (TM)

Nilai TM kelelahan lapisan aspal (TM lapisan aspal) untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 - 2. Nilai yang akurat berbeda-beda tergantung dari beban berlebih pada kendaraan niaga di dalam kelompok truk.

d. Kumulatif Kerusakan Perkerasan Akibat Kelelahan Aspal (CESA₅)

Untuk perkerasan lentur, kerusakan yang disebabkan lalu lintas desain dinyatakan dalam ekivalen Sumbu Standar 80 kN. Faktor ekivalen beban dihitung menggunakan persamaan 2.12 dan 2.13

Kerusakan perkerasan secara umum :

Sumbu Tunggal

$$ESA_4 = \left(\frac{L_{ij}}{SL} \right)^4 \quad (2.12)$$

Sumbu Ganda

$$ESA_4 = 0,086 \times \left(\frac{L_{ij}}{SL} \right)^4 \quad (2.13)$$

Dengan :

L_{ij} = beban pada sumbu atau kelompok sumbu
 SL = beban standar untuk sumbu atau kelompok sumbu

$$CESA_4 = LHR \times ESA_4 \quad (2.14)$$

$$CESA_4 \text{ UR tahun} = CESA_4 \times 365 \times UR \quad (2.15)$$

Kerusakan yang diakibatkan oleh lalu lintas yang dinyatakan dalam ESA_4 memberikan hasil yang lebih rendah dibandingkan kerusakan akibat kelelahan lapisan aspal (*asphalt fatigue*) akibat *overloading* yang signifikan. *Traffic multiplier (TM)* digunakan untuk

Dengan :

ESA_{aspal} = jumlah pengulangan sumbu standar untuk desain lapisan aspal total dengan tebal lebih besar dari 50 mm (tidak berlaku untuk lapisan yang tipis).

ESA_4 = jumlah pengulangan sumbu standar dihitung dengan menggunakan rumus pangkat 4 yang digunakan untuk desain Pondasi jalan.

Nilai $CESA_4$ (pangkat 4) untuk desain perkerasan lentur harus dikalikan dengan nilai TM untuk mendapatkan nilai $CESA_5$.

$$CESA_5 = (TM \times CESA_4) \quad (2.17)$$

Nilai $CESA_5$ selama umur rencana dihitung menggunakan persamaan 2.17.

$$CESA_{20 \text{ tahun}} = CESA_5 \times 365 \times IIR \quad (2.18)$$

e. Tipe Perkerasan yang akan Digunakan

Penentuan tipe perkerasan yang digunakan dalam perencanaan digunakan Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Pemilihan Jenis Perkerasan

| Struktur Perkerasan | Desain | ESA 20 Tahun (Juta) (Pangkat 4 kecuali disebutkan lain) | | | | |
|---|----------|--|---------|--------|---------|-----|
| | | 0 – 0,5 | 0,1 – 4 | 4 – 10 | 10 – 30 | >30 |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat | 4 | | | 2 | 2 | 2 |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan) | 4A | | 1,2 | | | |
| AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (pangkat 5) | 3 | | | | 2 | |
| AC dengan CTB (pangkat 5) | 3 | | | 2 | | |
| AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5) | 3A | | | 1,2 | | |
| AC atau HRS tipis di atas lapis pondasi berbutir | 3 | | 1,2 | | | |
| Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli | Gambar 6 | 3 | 3 | | | |
| Lapis Pondasi Soil Cement | Gambar 6 | 1 | 1 | | | |
| Perkerasan tanpa Penutup | Gambar 6 | 1 | | | | |

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| Catatan : Tingkat Kesulitan : | 1 | Kontraktor kecil – medium |
| | 2 | Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai |
| | 3 | Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – dibutuhkan kontraktor spesialis Burda |

f. Daya Dukung *Subgrade* dan Struktur Pondasi Jalan

1) Umur Rencana Pondasi Jalan

Umur rencana pondasi jalan untuk semua perkerasan baru maupun pelebaran digunakan minimum 40 tahun karena :

- a) Pondasi jalan tidak dapat ditingkatkan selama umur pelayanannya kecuali dengan rekonstruksi total
- b) Keretakan dini akan terjadi pada perkerasan kaku pada tanah lunak yang pondasi-nya didesain lemah (*under design*)
- c) Perkerasan lentur dengan desain pondasi lemah (*under design*), umumnya selama umur rencana akan membutuhkan perkuatan dengan lapisan aspal struktural, yang berarti biayanya menjadi kurang efektif bila dibandingkan dengan pondasi jalan yang didesain dengan umur rencana lebih panjang.

2) Outline Prosedur Desain Pondasi Jalan

Empat kondisi lapangan yang mungkin terjadi dan harus dipertimbangkan dalam prosedur desain pondasi jalan adalah :

- a) Kondisi tanah dasar normal
- b) Kondisi tanah dasar langsung di atas timbunan rendah (kurang dari 3 m) diatas tanah lunak aluvial jenuh
- c) Kasus yang sama dengan kondisi B namun tanah lunak aluvial dalam kondisi kering

d) Tanah dasar diatas timbunan di atas tanah gambut

3) Kondisi tanah dasar normal

Kondisi tanah dasar normal dengan ciri – ciri nilai CBR lebih dari 3% dan dapat dipadatkan secara mekanis. Desain ini meliputi perkerasan diatas timbunan, galian atau tanah asli (kondisi normal ini lah yang sering diasumsikan oleh desainer).

Berikut adalah Metode A untuk Tanah Normal.

Kondisi A1 : Apabila tanah tanah dasar bersifat plastis atau berupa lanau, tentukan nilai batas-batas Atterberg (PI), gradasi, nilai Potensi Pengembangan (Potential Swell), letak muka air tanah, zona iklim, galian atau timbunan dan tetapkan nilai CBR dari BaganDesain1 atau dari uji laboratorium perendaman 4 hari.

Kondisi A2 : Apabila tanah dasar bersifat berbutir atau tanah residual tropis (tanah merah, laterit), nilai desain daya dukung tanah dasar harus dalam kondisi 4 hari rendaman, pada nilai 95% kepadatan kering modifikasi.

Untuk lebih jelasnya, lihat tabel pemilihan tanah dasar dan ...

Tabel 2.15 Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum³

| CBR Tanah Dasar | Kelas Kekuatan Tanah Dasar | Prosedur Desain Pondasi | Deskripsi Struktur Pondasi Jalan | Lalu Lintas Lajur Desain Umur Rencana 40 tahun (juta CESA ₅) | | |
|--|----------------------------|-------------------------|---|--|------|------|
| | | | | <2 | 2-4 | >4 |
| | | | | Tebal Minimum Peningkatan Tanah Dasar | | |
| ≥ 6 | SG6 | A | Perbaiki tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas) | Tidak Perlu Peningkatan | | |
| 5 | SG5 | | | | | 100 |
| 4 | SG4 | | | 100 | 150 | 200 |
| 3 | SG3 | | | 150 | 200 | 300 |
| 2,5 | SG2.5 | | | 175 | 250 | 350 |
| Tanah Ekspansif (potential swell > 5%) | | AE | | 400 | 500 | 600 |
| Perkerasan lentur di atas tanah lunak ⁵ | SG1 aluvial | B | Lapis Penopang (capping layer) ⁽²⁾⁽⁴⁾ | 1000 | 1100 | 1200 |
| | | | Atau Lapis Penopang dan Geogrid ⁽²⁾⁽⁴⁾ | 650 | 750 | 850 |
| Tanah Gambut dengan HRS atau Perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan) | | D | Lapis Penopang Berbutir ⁽²⁾⁽⁴⁾ | 1000 | 1250 | 1500 |

Sumber : Bina Marga, 2013

- 1 Nilai CBR lapangan CBR rendaman tidak relevan
- 2 Di atas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekuivalen 2,5%
- 3 Ketentuan tambahan mungkin berlaku, desain harus mempertimbangkan semua isu kritis
- 4 Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan (tanah lunak kering pada saat konstruksi)

5 Nilai CBR lapangan yang rendah di bawah daerah

g. Struktur Perkerasan

Solusi pekerasan yang banyak dipilih yang didasarkan pada pembebanan dan pertumbuhan hijau terampil disajikan dalam Tabel 2.16

Tabel 2.16 Bagan Desain 3 Tebal Lapis Perkerasan

| | STRUKTUR PERKERASAN | | | | | | | |
|--|---------------------------------|-----------|-----------|--|--|----------|-----------|-----------|
| | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 |
| | Lihat Desain 5 dan 6 | | | | Lihat Bagan Desain 4 untuk Alternatif Lebih Murah ³ | | | |
| Pengulangan Beban Sumbu Desain 20 Tahun Terkoreksi di Lajur Desain (Pangkat 5) (10^5 CESA ⁵) | < 0,5 | 0,5 – 2,0 | 2,0 – 4,0 | 4,0 - 30 | 30 – 50 | 50 – 100 | 100 – 200 | 200 – 500 |
| Jenis Permukaan Berpengikat | HRS, SS atau Penmac | HRS (6) | | Acc atau ACf | ACc | | | |
| Jenis Lapis Pondasi dan Lapis Pondasi Bawah | Lapis Pondasi Berbutir A | | | Cement Treated Base (CTB) (Cement Treated Base A) | | | | |
| | KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm) | | | | | | | |
| HRS WC | 30 | 30 | 30 | | | | | |
| HRS Base | 35 | 35 | 35 | | | | | |
| AC WC | | | | 40 | 40 | 40 | 50 | 50 |
| AC BC ⁵ | | | | 135 | 155 | 185 | 220 | 280 |
| CTB ⁴ | | | | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| LPA Kelas A ² | 150 | 250 | 250 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| Kelas B atau Kerikil Alam dilisisasi dengan CBR>10% | 150 | 125 | 125 | | | | | |

na Marga, 2013

3. Perencanaan Tebal Lapis Tambahan (*Overlay*)

a. Level Desain dan Pemicu Penanganan

- 1) *Benkleman Beam Deflection* atau nilai kondisi sisa dari lapisan *existing* (untuk *overlay*)

Benkleman Beam test dimaksudkan untuk mendapatkan data lendutan (*deflection*) dari permukaan jalan lama yaitu dengan mengukur gerakan vertikal pada permukaan lapis. Jalan lama yang diakibatkan beban roda pada lebar tertentu. Tes ini dilakukan pada jalan lama untuk mengetahui kekuatan jalan lama. Dari tes ini data yang dibutuhkan adalah lendutan terbesar antara lajur kiri atau kanan (d) dalam mm untuk beberapa titik pengujian. Dan lendutan yang dipakai adalah rata-rata lendutan terbesar ditambah nilai standar deviasi.

$$\text{Lendutan yang dipakai} = \text{Lendutan max rata-rata} + (1 \times \text{SD}) \quad (2.19)$$

Dengan :

SD = Standar Deviasi

- 2) Kumulatif Kerusakan Perkerasan Secara Umum (CESA₄)

Untuk perkerasan lentur, kerusakan yang disebabkan lalu lintas desain dinyatakan dalam ekivalen Sumbu Standar 80 kN. Faktor ekivalen beban dihitung menggunakan persamaan (2.20) dan (2.21).

Kerusakan perkerasan secara umum :

Sumbu Tunggal

$$ESA_4 = \left(\frac{L_{ij}}{SL} \right)^4 \quad (2.20)$$

Sumbu Ganda

$$ESA_4 = 0,086 \times \left(\frac{L_{ij}}{SL} \right)^4 \quad (2.21)$$

Dengan :

Lij = beban pada sumbu atau kelompok sumbu

SL = beban standar untuk sumbu atau kelompok sumbu

$$CESA_4 = ESA_4 \times LHR_{20} \quad (2.22)$$

dengan:

$CESA_4$: Komulatif Kerusakan perkerasan secara umum

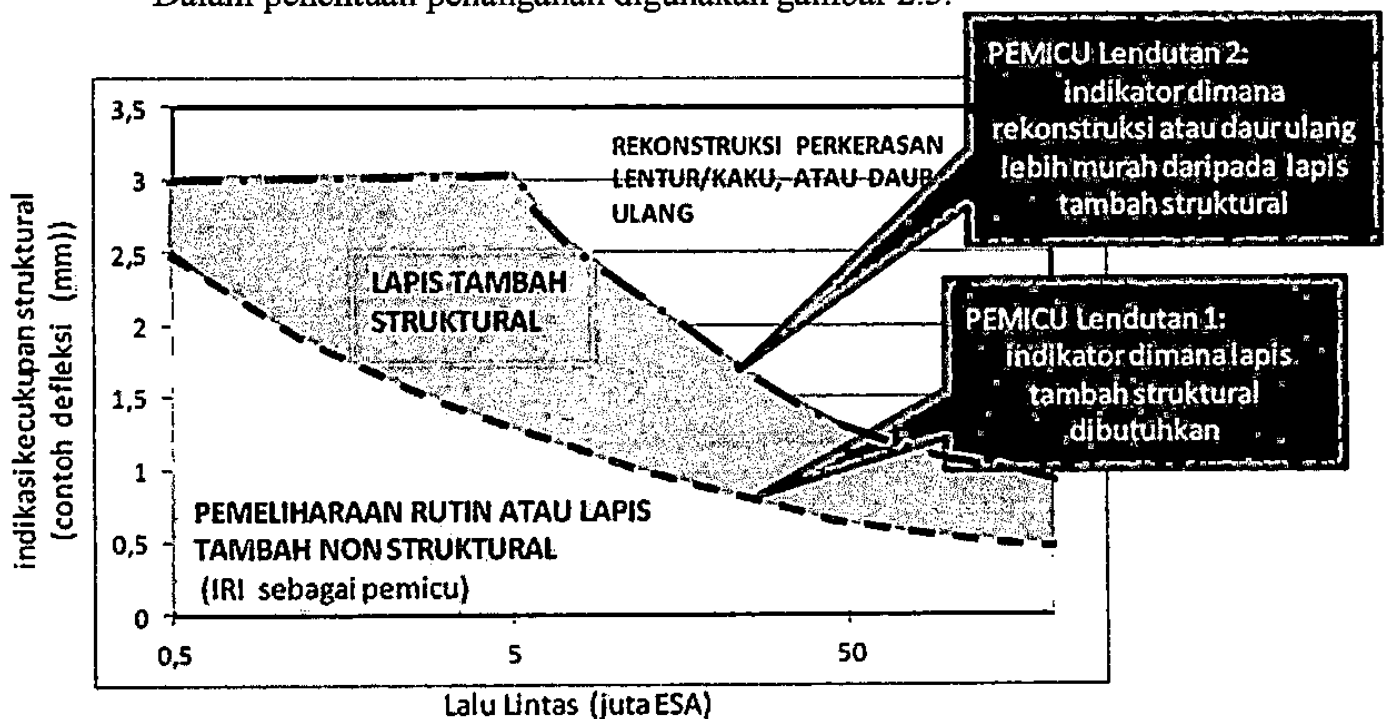
ESA_4 : Kerusakan Perkerasan secara umum

LHR_{20} : Lalu Lintas Harian Rata-rata pada umur 20 tahun

$$CESA_{4 \text{ 20 tahun}} = CESA_4 \times 365 \times UR \quad (2.23)$$

3) Pemicu Konseptual untuk Penanganan Perkerasan

Dalam penentuan penanganan digunakan gambar 2.3.

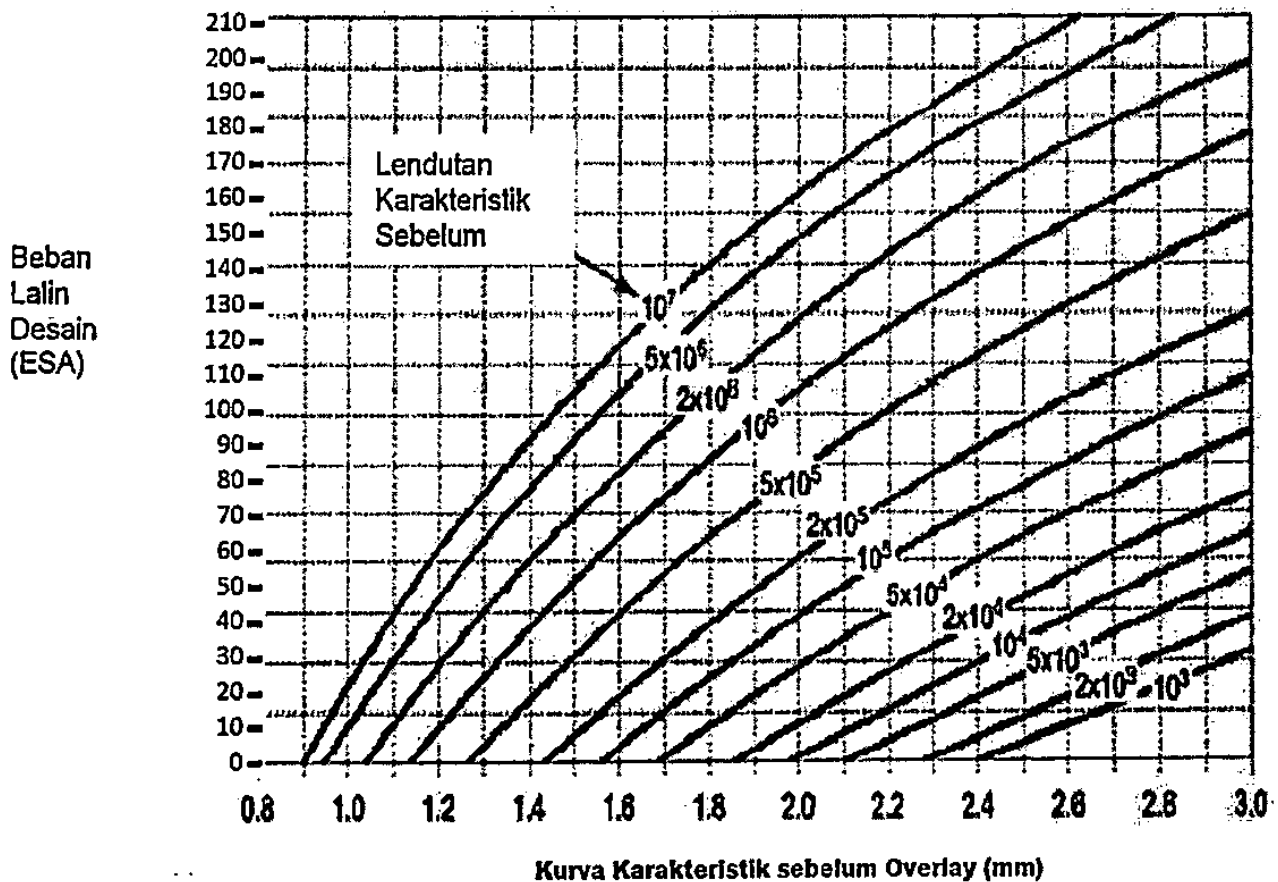


Gambar 2.3 Pemicu Konseptual untuk Penanganan Perkerasan

b. Prosedur Desain Lapis Tambah

1) Lalu Lintas $\leq 10^5$ ESA₄

Pada lalu lintas ini, penanganan cukup pendekatan dengan lendutan maksimum. Data yang dibutuhkan adalah data CESA₅ dan lendutan karakteristik.



Gambar 2.6.9. Kurva Karakteristik Lendutan Deckleman Road

- 2) $10^5 \text{ ESA}_4 < \text{Lalu Lintas} \leq 10^7 \text{ ESA}$
- a) Menentukan Tebal *Overlay* Minimum
- Mengambil nilai terbesar dari :
- (1) Perbaikan Bentuk dari tabel 2.17.

Tabel 2.17 Tebal *Overlay* Minimum untuk Perbaikan Ketidakrataan

| IRI Rata-rata | Tebal <i>Overlay</i> minimum (mm) untuk mencapai IRI = 3 setelah <i>Overlay</i> |
|---------------|---|
| 4 | 30 |
| 5 | 45 |
| 6 | 50 |
| 7 | 55 |
| 8 | 60 |

Sumber : Bina Marga, 2013

- (2) Perbaikan Bentuk khusus misal perbaikan lereng melintang atau superelevasi
- (3) Kebutuhan lendutan total minimum dari Gambar 2.6.
- b) Menentukan Masa Layan Sisa Sebelum Retak *Fatigue*

Menentukan masa layan sisa sebelum retak *fatigue* menggunakan Gambar 2.6 dengan memasukkan tebal *overlay* minimum dan kurva lendutan (CF) seperti garis hijau.

$$CF = D_0 - D_{200} \quad (2.24)$$

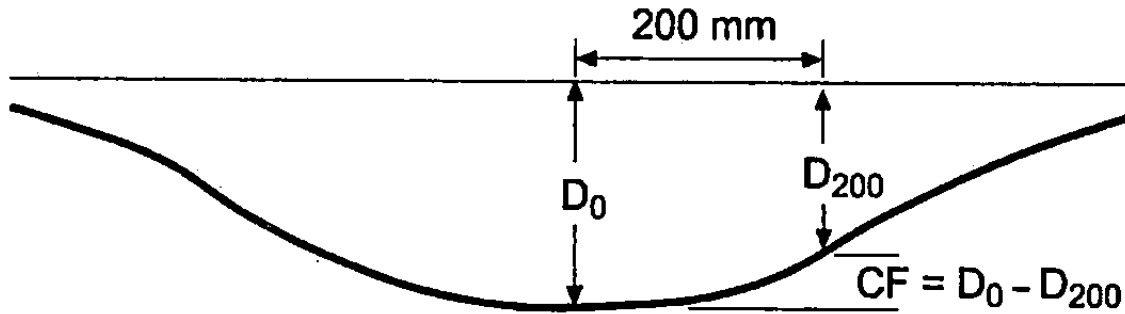
Dengan :

D_0 = Lendutan Maksimum pada suatu titik uji (mm)

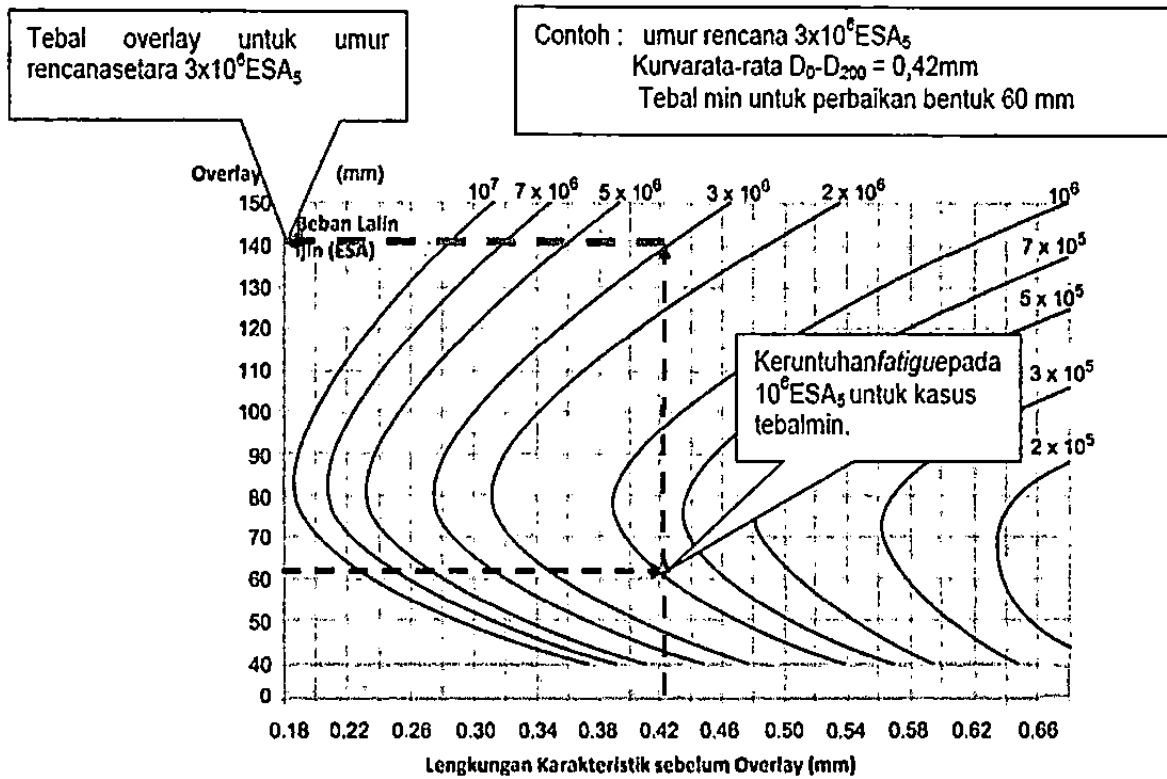
D_{200} = Lendutan yang terukur pada titik uji, saat beban Uji dimajukan 200 mm dari titik uji tersebut.

Gambar 2.7 menunjukkan skema dimensi dari CF atau

Curvature Function (titik belok)



Gambar 2.7 *Curvature Function* (Titik Belok)



Gambar 2.8 Tebal *Overlay* untuk Mencegah Retak *Fatigue*

- c) Jika Masa Layan < Umur Rencana, Menentukan Tebal Overlay yang dibutuhkan untuk Mencegah Retak *Fatigue* pada Umur Rencana

Jika masa layan kurang dari umur rencana yang telah ditentukan, maka perlu ditentukan tebal *overlay* yang dibutuhkan untuk mencegah retak *fatigue* pada umur rencana dengan cara meneruskan garis vertikal pada nilai CF hingga mengenai kurva karakteristik umur rencana (garis coklat). Nilai ini tidak

$$\text{CESA}_5 = \text{CESA}_4 \times \text{TM} \quad (2.25)$$

Dengan :

CESA_5 = Kumulatif Kerusakan Perkerasan Akibat Kelelahan Aspal

CESA_4 = Kumulatif Kerusakan perkerasan secara umum

TM = *Traffic multiplier* (1,8 – 2)

3) Lalu Lintas $> 10^7$

Untuk pekerjaan rehabilitasi dengan beban lalu lintas desain lebih besar dari 10^7 ESA. Prosedur mekanistik Umum atau metode AASHTO dapat digunakan dalam memperkirakan nilai modulus dan tebal lapis perkerasan eksisting. Nilai modulus ini kemudian digunakan untuk menentukan solusi desain *overlay* dengan program analisis perkerasan multi-layer seperti CIRCLY.

F. Rencana Anggaran Biaya

1. *Work Breakdown Structure*

Pada prinsipnya *Work Breakdown Structure* (WBS) adalah pemecahan atau pembagian pekerjaan ke dalam bagian yang lebih kecil (sub-kegiatan), alasan perlunya WBS adalah :

- a. Pengembangan WBS di awal *Project Life Cycle* memungkinkan diperolehnya pengertian cakupan proyek dengan jelas dan proses pengembangan WBS ini membantu semua anggota untuk lebih mengerti tentang proyek, selama tahap awal
- b. WBS membantu dalam pengawasan dan peramalan biaya, jadwal dan informasi mengenai produktivitas yang meyakinkan anggota manajemen proyek sebagai dasar untuk membuat peninjauan

WBS merupakan elemen penting karena memberikan kerangka yang membantu antara lain dalam :

- a. Penggambaran program sebagai ringkasan dari bagian-bagian yang kecil
- b. Pembuatan perencanaan
- c. Pembuatan network dan perencanaan pengawasan
- d. Pemberian tanggung jawab
- e. Penggunaan WBS ini memungkinkan bagian-bagian proyek terdefinisi dengan jelas.

2. *Network Planning*

Dikarenakan kompleksitas pekerjaan, unsur perencanaan memegang peranan yang semakin penting. Banyak kegiatan dapat dikatakan sebagai suatu proyek yang berarti bahwa mempunyai tujuan tertentu dan usaha untuk mencapainya dibatasi oleh waktu dan sumber daya tertentu. Perencanaan yang sistematis menimbulkan kepercayaan dalam penyelesaian proyek. Salah satu cakupan dalam perencanaan tersebut adalah masalah penjadwalan atau *schedulling* proyek. Dalam hal ini peran analisis *network* dapat membantu. Dalam analisis *network* dikenal dua metode, yaitu metode CPM dan PERT.

3. Volume Pekerjaan

Menurut Herwansyah (2009), volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga dapat disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi, volume (kubikasi) satu pekerjaan bukanlah merupakan volume (isi sebenarnya) melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.

4. Harga Satuan

Menurut Khalid (2008), harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran yang dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan Daftar Harga Satuan Bahan. Setiap bahan atau material mempunyai jenis dan kualitas tersendiri. Hal ini menjadi harga material tersebut beragam, untuk itu

berasal dan sesuai dengan harga patokan dari pemerintah. Misalnya untuk harga aspal harus berdasarkan kepada harga patokan semen yang ditetapkan.

Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan Daftar Harga Satuan Upah. Untuk menentukan upah pekerja dapat diambil standar harga yang berlaku dipasaran atau daerah tempat proyek dikerjakan yang sesuai dengan spesifikasi dari dinas PU. Dari ketiga metode yang digunakan sudah termasuk peralatan kerja atau setiap pekerjaan harus mempunyai peralatan kerja sendiri yang mendukung keahlian masing-masing (Khalid, 2008).

Harga satuan pekerjaan secara umum dapat dihitung menggunakan persamaan 2.26.

$$\text{Harga Satuan Pekerjaan} = A + B + C \quad (2.26)$$

Dengan :

A = Harga Satuan Bahan (Rupiah)

B = Harga Satuan Upah (Rupiah)

C = Harga Satuan Alat (Rupiah)

5. Durasi dan Prosentase Bobot Pekerjaan

a. Durasi.

Analisis terhadap durasi dilakukan atas dasar pengalaman dan perhitungan secara teoritis. Durasi ditemukan berdasarkan produktivitas dan jenis alat-alat. Untuk perhitungan durasi digunakan persamaan

Dengan :

- Tn = Tenaga Kerja (orang)
 Wcf = Waktu Efektif 1 hari (jam)
 V = Volume Pekerjaan
 P = Produktivitas Kerja

b. Prosentase Bobot Pekerjaan

Prosentase bobot pekerjaan merupakan besarnya nilai presentase tiap item-item pekerjaan, berdasarkan perbandingan antara anggaran biaya pekerjaan dengan harga bangunan. Secara skematis untuk menghitung presentase bobot pekerjaan digunakan persamaan 2.29.

$$\text{Prosentase Bobot Pekerjaan} = \frac{\text{Volume} \times \text{Harga Satuan}}{\text{Harga Bangunan}} \times 100 \% \quad (2.29)$$

6. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (*begrooting*) adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlakukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pembangunan atau proyek tersebut (Khalid, 2008).

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah disebabkan oleh perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkiraan volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan. Rencana anggaran biaya merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan. Secara umum rencana anggaran biaya (RAB) dihitung berdasarkan persamaan 2.30.

G. *Time Schedule*

Time Schedule (penjadwalan) adalah pengaturan rencana kerja dari satu bagian atau unit pekerjaan (Herwansyah, 2010). Kegiatan ini meliputi : kebutuhan tenaga kerja, kebutuhan meterial atau bahan, kebutuhan waktu dan transportasi atau pengangkutan. Dari *Time Schedule* kita akan mendapatkan gambaran lamanya pekerjaan dapat diselesaikan serta bagian-bagian pekerjaan yang saling terkait satu dan lainnya.

1. *Bar Chart* (Diagram Balok)

Menurut Hermansyah (2009), *Bar Chart* (diagram balok) sangat bermanfaat sebagai alat perencanaan dan komunikasi. Bila digabungkan dengan metode lain, misalnya grafik "S" dapat dipakai untuk aspek yang lebih luas. Kelemahan *Bar Chart* (diagram balok) adalah kurang dapat menjelaskan keterkaitan antara perubahan atau keterlambatan. Perubahan yang terjadi tersebut tidak terlihat secara langsung mempengaruhi kegiatan lainnya, hal tersebut disebabkan karena tidak jelasnya hubungan (*relationship*) antar kegiatan.

2. Kurva-S

Dalam suatu proyek setelah dilakukan perencanaan terhadap jadwal proyek konstruksi dengan matang, langkah selanjutnya adalah melaksanakan proyek tersebut sesuai jadwal yang telah direncanakan. Pelaksanaan proyek tersebut harus mengacu pada jadwal proyek yang telah disusun, sehingga diperlukan langkah-langkah pengendalian untuk mengetahui apakah pelaksanaan atau kemajuan kerja proyek tersebut sudah sesuai jadwal.

Alat yang digunakan untuk pengendalian proyek adalah dengan menggunakan kurva-S. Kurva-S merupakan gambaran kemajuan proyek yang di plot pada sumbu X yang menyatakan satuan waktu sepanjang durasi proyek, dan sumbu Y yang menyatakan presentase kemajuan proyek yang dihitung terhadap biaya total. Kurva-S dapat dilihat berdasarkan jadwal rencana yang dapat dikenal dengan Kurva-S Rencana maupun berdasarkan pelaksanaan di lapangan yang dikenal dengan Kurva-S Aktual. Kurva-S

rencana dapat dibuat berdasarkan rencana waktu mulai terlamanya (LET). Pengendalian terhadap pelaksanaan proyek dilakukan dengan membandingkan posisi Kurva-S Aktual terhadap Kurva-S Rencana. Data pembuatan Kurva-S :

- a. Metode pelaksanaan konstruksi dimana akan memberikan urutan dan karakteristik kegiatan melalui jaringan kegiatan
- b. Diagram balok yang pada umumnya dilakukan plotting Kurva-S dengan tujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam jangka waktu kemajuan pelaksanaan proyek. Distribusi biaya kegiatan dengan mengasumsikan nilai pekerjaan di lapangan