

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Secara umum berkurangnya masa pelayanan pada hampir seluruh jalan dapat disebabkan antara lain oleh spesifikasi bahan atau perkerasan yang tidak sesuai, pelaksanaan yang menyimpang, pemeliharaan yang buruk, muatan berlebih, arah jejak roda kendaraan yang menyalur atau kondisi lapisan tanah dasar yang lemah.¹

Pemadatan campuran aspal akibat lalu lintas berat dilapangan dapat mengurangi kadar rongga campuran sampai kurang dari 3 %, serta berakibat mengurangi kontak antara butir-butir agregat, sehingga aspal cenderung berfungsi sebagai pelumas diantara butir-butir agregat. Sedangkan kadar rongga campuran lebih besar atau sama dengan 3 % setelah beberapa tahun mengalami pemadatan akibat lalu lintas berat, yang diasumsikan telah mencapai kepadatan tertinggi (refusal) dapat memberikan kinerja perkerasan yang memuaskan.

Penelitian terhadap hasil peningkatan dan pemeliharaan jalan ini dilakukan sejak 1988 oleh pusat penelitian dan pengembangan jalan bekerja sama dengan *Transport Research Laboratory* (TRL)². Dari pengalaman TRL di beberapa negara lain dengan iklim tropis yang sama dengan di Indonesia, perbaikan prosedur perencanaan campuran aspal telah dikembangkan.

¹ Majalah Teknik, no. 034, Jakarta, 1986

² A. Tatang Dahlan, Ir. Msc, *Teknologi Perkerasan Jalan untuk Lalu lintas Berat dan Padat*, Jakarta, 1988

Spesifikasi campuran aspal yang saat ini banyak digunakan untuk peningkatan atau pemeliharaan jalan dikenal dengan Lapis Beton Aspal (LASTON), *Asphalt Concrete* (AC), Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON), *Hot Rolled Sheet* (HRS), dan Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) campuran panas atau), *Hot Rolled Sand Sheet* (HRSS).

Seluruh campuran aspal ini diharapkan harus mempunyai kemampuan sebagai berikut : cukup kuat dan lentur, cukup awet (*durable*), cukup tahan terhadap terjadinya alur plastis (*plastic rutting*) serta cukup aman terhadap kelicinan permukaan.

Konstruksi jalan raya pada hakekatnya adalah konstruksi yang banyak sekali diliputi oleh faktor-faktor ketidak pastian (*uncertainties*). Lain sama sekali halnya dengan struktur yang serba pasti. Ketidak pastian terdapat pada segi lalu lintas, segi material yang digunakan dan tanah dasar yang mendukungnya.

Biaya pembangunan jalan dengan kontruksi beton semen, Ir Parlindungan Harahap mengatakan relatif tidak mahal³. Berdasarkan data pada tender untuk jalan lingkaran selatan, perbedaan harga antara *fleksible pavement* (aspal beton) dengan *rigid pavement* (beton semen) sekitar 25 % lebih tinggi *rigid pavement*.

Keuntungan-keuntungan pembangunan jalan dengan konstruksi *rigid pavement* antara lain *life time* (umur) yang lebih panjang ± 20 tahun, biaya pemeliharaan relatif kecil karena tidak setiap saat *dioverlay*, dan pelaksanaannya lebih mudah dengan peralatan produksi dalam negeri.

³ Majalah Teknik, no. 034, Jakarta, 1986.

Beberapa hasil evaluasi biaya pelaksanaan pembuatan suatu perkerasan dari negara lain, didapat perbandingan antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur sebagai berikut⁴ :

A. Thailand (1982, 8 juta EAL)

Biaya awal (*Initial Cost*) : *Fleksibel* = 90% *Rigid*

Biaya total selama 20 tahun : *Fleksibel* = 130% *Rigid*

B. Philipina (1985, *Expressway*)

Biaya awal (*Initial Cost*) : *Fleksibel* = 87% *Rigid*

Biaya total selama 20 tahun : *Fleksibel* = 128% *Rigid*.

2.2. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini berupa metode P-D-K (Pendapat-Dukungan-Kesimpulan), yaitu metode yang mendukung beberapa pendapat yang dibuktikan dengan menggunakan analisa perbandingan antara perkerasan beton semen dengan perkerasan lentur.

Bahan yang digunakan sebagai acuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini berasal dari beberapa buku/literatur berupa buku panduan, laporan hasil praktek kerja, koran, majalah serta bahan-bahan yang terkait dengan permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan.

Data yang digunakan sebagai acuan awal dalam analisa ini menggunakan data pembangunan jalan Cakung Cilincing seksi VI, Jakarta⁵. Data-data yang akan

⁴ Ibid

⁵ ____, Laporan Praktek Kerja, Jakarta, 1997

digunakan sebagai dasar perhitungan ketebalan tiap lapisan pada struktur perkerasan antara lain :

1. Jalan yang direncanakan merupakan jalan arteri
2. Angka pertumbuhan lalu-lintas sebesar 4%
3. Curah hujan rata-rata > 900 mm/tahun
4. Kelandaian < 6%
5. Persentase kendaraan berat < 30%
6. Tipe Jalan 2 lajur 1 arah
7. Umur rencana : 10 tahun.
8. Data/daftar Harga Satuan Bahan
9. Data/daftar Harga Satuan Sewa Alat
10. Data/daftar Harga Satuan Tenaga Kerja
11. Data CBR hasil pengujian lapangan
12. Data LHR pada awal umur rencana

2.3. Landasan Teori

2.3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas⁶. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada tiga jenis, yaitu : perkerasan kaku, perkerasan lentur dan perkerasan jenis komposit.

1. Perkerasan Lentur

⁶ Shirley L.H, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Bandung, 2000

Perkerasan lentur (*fleksible pavement*), adalah lapis perkerasan yang pada umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai bahan pengikat sehingga mempunyai sifat lentur (*fleksibel*) yang cukup besar.

Karakteristik jenis perkerasan lentur diantaranya sebagai berikut :

- a. Bersifat elastis jika menerima beban, sehingga dapat memberi kenyamanan bagi pengguna jalan.
- b. Pada umumnya menggunakan bahan pengikat aspal.
- c. Seluruh lapisan ikut menanggung beban.
- d. Umur rencana biasanya kurang dari 20 tahun.
- e. Selama usia rencana diperlukan pemeliharaan secara berkala.

Beberapa sifat tentang perkerasan lentur diantaranya⁷ :

- a. Terdiri dari banyak lapis atau *multi layer system*, yaitu terdiri dari lapis pondasi bawah, lapis pondasi (atas), serta lapis permukaan.
- b. Penyebaran beban oleh perkerasan pada tanah dasar (*sub grade*) relatif tidak begitu luas sehingga kekuatan tanah dasar relatif memegang peranan cukup penting. Peranan kekuatan tanah dasar

(CBR) dapat dilihat pada angka-angka berikut :

Untuk nilai CBR = 2% ; total repetisi = $1,8 \times 10^6$ → ITP = 11

Untuk nilai CBR = 5% ; total repetisi = $1,8 \times 10^6$ → ITP = 8,4,

ini berarti bahwa CBR tanah dasar dari 2% ke 5 % akan menurunkan harga ITP sebesar 2,6 atau mengurangi tebal aspal beton setebal 6,5 cm. Untuk kasus yang sama seperti diatas pada

⁷ Anas Ali, *Kursus Manajemen Proyek IBRD Jabotabek*, Jakarta, 1988

jenis perkerasan beton semen pengaruh penurunan tebal pelat beton hanya 0,8 cm.

- c. Relatif agak peka terhadap deviasi jumlah atau berat beban (lalu lintas yang dipikul).
 - d. Pekerjaan dan biaya perawatan selama umur pelayanan cukup besar karena perkerasan lentur cepat mengalami keausan, kegetasan dan jenis penurunan mutu lainnya.
 - e. Pelaksanaan dan *quality control* lebih sulit karena terdiri dari banyak lapis dimana tiap lapis mempunyai sifat, cara pelaksanaan dan *quality control* yang berbeda-beda. Keadaan cuaca sangat mempengaruhi pelaksanaan.
 - f. Mudah untuk dilapisi ulang (*overlay*), baik untuk maksud perawatan maupun perkuatan.
2. Perkerasan Kaku (beton semen)

Perkerasan kaku (beton semen), adalah struktur bangunan jalan yang terdiri dari plat beton semen yang bersambung (tidak menerus), atau menerus, tanpa atau dengan tulangan terletak diatas lapis pondasi bawah, tanpa atau dengan lapis aspalan sebagai lapis permukaan. Menurut NAASRA ada 5 jenis perkerasan kaku (beton semen), yaitu⁸ :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

⁸ Shirley L.H, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Bandung, 2000

- d. Perkerasan beton semen dengan tulangan serat baja
- e. Perkerasan beton semen pratekan.

Beberapa faktor untuk menentukan ketebalan pada perkerasan kaku antara lain ⁹:

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar
- b. Kekuatan beton
- c. Lalu lintas rencana
- d. Lapis pondasi bawah (*sub base*)

Beberapa sifat tentang perkerasan kaku diantaranya :

- a. Secara struktural terdiri dari satu lapis atau *single layer system* yang berupa pelat beton. Lapis sub base dibawah plat beton tidak berfungsi sebagai “struktural” tetapi berfungsi sebagai lantai kerja, pencegah pumpling, pengontrol jika terjadi adanya perubahan volume, dan lain sebagainya. Beberapa alasan digunakannya lapisan pondasi bawah (*sub base*) di bawah perkerasan kaku, adalah sebagai berikut¹⁰ :
 - 1). Menambah daya dukung lapisan tanah dasar.
 - 2). Menyediakan lantai kerja yang stabil untuk peralatan konstruksi.
 - 3). Untuk mendapatkan permukaan daya dukung yang seragam.
 - 4). Untuk mengurangi lendutan pada sambungan-sambungan.
 - 5). Untuk membantu menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar yang besar akibat pemuaiian atau penyusutan.
 - 6). Untuk mencegah keluarnya air pada sambungan.

⁹ Anas Ali, *Kursus Manajemen Proyek IBRD Jabotabek*, Jakarta, 1988

¹⁰ Ibid

- b. Pada perkerasan kaku, lapis pondasi bawah tidak dianggap sebagai lapis yang menopang (mendukung), namun tetap harus diperhitungkan menurut ketentuan yang disarankan. Untuk mendapatkan ketebalan lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku dapat menggunakan grafik NAASRA. (lihat lampiran 11)
- c. Penyebaran beban oleh perkerasan relatif lebih luas sehingga tanah dasar relatif kecil dalam menerima beban.
- d. Variasi mutu/kekuatan tidak begitu luas karena adanya batasan mutu dan tebal beton yang disarankan, dengan demikian perkerasan beton semen pada umumnya dipergunakan pada jalan-jalan dengan lalu lintas tinggi/berat serta masa pelayanan yang panjang. Tebal pelat beton yang disarankan berkisar antara 15 cm sampai 30 cm.
- e. Pekerjaan dan biaya perawatan selama umur pelayanan relatif murah karena perkerasan beton semen lebih tahan terhadap proses keausan maupun pelapukan baik mekanis maupun kimiawi.
- f. Pelaksanaan dan *quality control* lebih mudah karena secara struktural perkerasan beton hanya terdiri dari satu lapis.
- g. Tidak memerlukan pelapisan ulang (*overlay*) dalam jangka waktu yang cukup lama.

2.3.2. Parameter Perhitungan Ketebalan

1. Tanah Dasar

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Pengukuran daya dukung

lapisan tanah dasar dapat dilakukan dengan california bearing ratio (CBR), parameter elastis, serta modulus reaksi tanah dasar (k). Untuk mendapatkan nilai CBR yang mewakili dilakukan cara-cara sebagai berikut :

- a. Lihat data nilai CBR hasil percobaan lapangan.
- b. Urutkan harga CBR mulai dari yang terendah sampai yang tertinggi pada kolom 2, serta frekwensi masing-masing harga CBR ke kolom 3.
- c. Tentukan jumlah harga CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR masukkan ke kolom 4.
- d. Angka jumlah terbanyak pada kolom 4 dinyatakan sebagai 100% dan yang lainnya merupakan persentase dari harga tersebut.
- e. Buat grafik hubungan nilai CBR dengan persentase jumlah yang sama atau lebih besar dari nilai CBR tersebut.
- f. Nilai CBR rata-rata adalah nilai yang didapat dari angka 90 % pada grafik hubungan CBR.
- g. Daya dukung tanah dasar (DDT) didapat dari grafik korelasi, dengan menarik garis secara horisontal sebelah kiri pada nilai CBR yang mewakili. (lihat lampiran hal. 12)

2. Kekuatan beton

Prinsip parameter perencanaan untuk perencanaan beton didasarkan pada kuat lentur 90 hari. Kuat lentur rencana 90 hari dianggap estimasi paling baik digunakan untuk menentukan tebal perkerasan. Dalam

praktek, kuat lentur rencana beton 90 hari cukup memadai untuk konstruksi perkerasan jalan jika diambil antara 3,5 – 4,0 Mpa.

Tipikal hubungan untuk mengubah kuat tekan beton 28 hari ke kuat lentur 90 hari untuk beton yang menggunakan agregat pecah, menurut NAASRA adalah sebagai berikut ¹¹:

$$F_{28} = 0.75 \sqrt{C_{28}} \quad (2.1.)$$

$$F_{90} = 1,1 F_{28} = 0.83 \sqrt{C_{28}} \quad (2.2.)$$

F_{90} = Kuat lentur beton 90 hari, (Mpa)

F_{28} = Kuat lentur beton 28 hari, (Mpa)

Menurut SNI T-15-1991-03, besarnya modulus keruntuhan beton (f_r) untuk beton normal yaitu :

$$f_r = 0.70 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Mpa}) \quad (2.3.)$$

Untuk setiap kombinasi konfigurasi dan beban sumbu serta harga k tertentu, maka :

- a. Tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton ditentukan dari grafik pada (lampiran)
- b. Perbandingan tegangan dihitung dengan membagi tegangan lentur yang terjadi pada pelat dengan modulus keruntuhan lentur beton (f_r)
- c. Jumlah pengulangan beban yang diijinkan ditentukan berdasarkan harga perbandingan tegangan.

3. Lalu lintas

¹¹ Shirley L.H, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Bandung, 2000

Perhitungan Lalu lintas rencana untuk perkerasan kaku adalah sebagai berikut¹² :

- a. Volume lalu lintas (LHR) yang diperkirakan pada akhir usia rencana, yang disesuaikan dengan kapasitas jalan. .
- b. Jenis kendaraan yang diperhitungkan hanya kendaraan niaga dengan berat total minimum 5 ton.
- c. Mengubah beban trisumbu ke beban sumbu tandem didasarkan bahwa trisumbu setara dengan dua sumbu tandem.
- d. Konfigurasi sumbu yang diperhitungkan ada 3 macam, yaitu :
 Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
 Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
 Sumbu tandem/ganda roda ganda (SGRG)
- e. Untuk masing-masing jenis kelompok sumbu kendaraan niaga, diestimasi angka LHR awal dari kelompok sumbu dengan beban masing-masing kelipatan 0,5 ton.
- f. Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama usia rencana

dihitung menggunakan rumus :

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R \quad (2.4.)$$

untuk ($i \neq 0$)

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{i \text{Log}(1+i)} \quad (2.5.)$$

¹² Ibid

Jika selama m tahun pertumbuhan lalu lintas tidak terjadi lagi, maka untuk ($i \neq 0$)

$$R = \frac{(1+i)^m - 1}{\text{Log}(1+i)} + (n-m)(1+i)^{m-1} \quad (2.6.)$$

JSKN = Jumlah Sumbu Kendaraan Maksimum

JSKNH = Jumlah Sumbu Kendaraan Maksimum Harian, pada saat tahun ke-0.

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas yang besarnya berdasarkan faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan usia rencana (n).

- g. Jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi/beban sumbu pada lajur rencana dihitung dengan rumus :

$$\text{JSKN} \times \% \text{ kombinasi terhadap JSKNH} \times C_d \quad (2.7.)$$

Lalu lintas rencana untuk jenis perkerasan lentur :

- a. Jalur Rencana

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan menurut daftar I SKBI 2.3.26.1987, sedangkan untuk koefisien distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut tabel II SKBI 2.3.26.1987.

- b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus di bawah ini :

$$(E)_{\text{tunggal}} = \frac{\text{beban sumbu tunggal (kg)}^4}{(8160)^4} \quad (2.8.)$$

$$(E)_{\text{ganda}} = 0,086 \times \frac{(\text{beban sumbu ganda(kg)})^4}{(8160)^4} \quad (2.9.)$$

c. LHR 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 raya tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

2). Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.10.)$$

3). Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.11.)$$

4). Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \quad (2.12)$$

5). Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times FP \quad \text{dengan : } FP = UR/10 \quad (2.13)$$

keterangan :

- i = perkembangan lalu lintas
- LHR = lalu lintas harian rata-rata
- UR = umur rencana
- j = jenis kendaraan
- FP = faktor penyesuaian

4. Indeks Permukaan (IP)

Index Permukaan adalah nilai kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

5. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP dengan rumus :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad (2.14.)$$

dengan :

A_1, a_2 dan a_3 = Koefisien relatif bahan perkerasan

D_1, D_2 dan D_3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan

6. Faktor Regional

Faktor Regional adalah faktor koreksi sehubungan dengan adanya perbedaan kondisi dengan kondisi percobaan AASHTO Road Test dan disesuaikan dengan kondisi di Indonesia. FR ini dipengaruhi oleh bentuk alinemen, persentase kendaraan berat serta iklim.

2.4. Bahan Perkerasan

Salah satu faktor yang mempengaruhi/ menentukan mutu dari hasil suatu pekerjaan adalah bahan/material yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan proyek tersebut. Bahan-bahan yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat atau spesifikasi yang telah ditentukan dan juga harus memperhatikan atau memperhitungkan apakah sudah memenuhi kualitas dan kuantitasnya serta bagaimana nilai ekonominya.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pelaksanaan suatu proyek dapat dikelompokkan ke dalam 2 (dua) macam, yaitu :

1. Bahan yang berujud bahan mentah. Sebelum digunakan diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu agar dapat memenuhi standart dan spesifikasi yang telah ditentukan.

2. Bahan bangunan yang berwujud setengah jadi. Bahan ini merupakan hasil pengolahan dari pabrik, dimana masalah kualitas sudah dijamin oleh produsen.

Pertimbangan pada saat memilih bahan bangunan, selain harus mempertimbangkan mutu/kualitas dari bahan tersebut yang juga yang harus diperhatikan adalah masalah pengadaannya, jarak angkut, serta bagaimana cara menanganinya (pembuatan, penyimpanan, penempatan serta penghantaran ke tempat/lokasi dimana bahan-bahan tersebut akan digunakan).

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan suatu perkerasan harus memenuhi syarat-syarat atau spesifikasi yang telah ditentukan, serta harus memperhatikan atau memperhitungkan apakah sudah memenuhi kualitas dan kuantitasnya serta bagaimana nilai ekonominya.

Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan kuantitas komponen bahan dalam satuannya masing-masing, misalnya aspal dalam Kg, semen dalam Kg Atau zak, dan sebagainya untuk memperoleh satu satuan produk/hasil pekerjaan yang bersangkutan.

Untuk mata pembayaran yang mempunyai produk terdiri atas beberapa macam bahan/material seperti *Asphalt treated Base (ATB)*, *Hot Rolled Sheet (HRS)*, *Asphalt Concrete (AC)* dan lain-lain, komposisi campuran bahan-bahan tersebut mengikuti ketentuan yang tercantum dalam Spesifikasi teknis.

Kwantitas bahan adalah volume setiap jenis bahan dalam satuannya masing-masing yang diperlukan dalam suatu mata pembayaran dengan

memperhatikan satuan produk mata pembayaran yang bersangkutan, misalkan ATB dalam satuan m^3 , HRS dan AC dalam satuan m^2 , dan lain-lain.

Masukan /input bahan/material yang dibutuhkan dalam proses perhitungan harga satuan suatu jenis pekerjaan adalah harga satuan dasar bahan/material, yaitu harga komponen bahan/material per satu satuan tertentu yang diperlukan dalam mata pembayaran pekerjaan tersebut. Satuan bahan/material tersebut misalnya m, m^2 , m^3 , kg, ton, zak, dan sebagainya.

2.4.1. Agregat (Batu Pecah)

Agregat merupakan salah satu bahan utama perkerasan jalan selain aspal. Berdasarkan besaran partikel, agregat di bedakan atas, agregat kasar, agrgat halus, dan abu-abu batu/mineral filler. Berdasarkan mutu, Agregat dikelompokkan menjadi kelas A, B dan C (lihat tabel 2.1.).

Tabel 2.1. : Gradasi Agregat

Susunan Ayakan		Persentase lolos (dalam berat)		
No	Bukaan	Kelas A	Kelas B	Kelas C
2 ½	63.000	100	100	-
1 ½	38.100	100	67 – 100	-
¾	19.000	65 – 81	40 – 100	100
3/8	9.500	42 – 60	25 – 80	-
4	4.750	27 – 45	16 – 66	51 – 77
8	2.360	18 – 33	10 – 55	-
16	1.180	11 – 25	6 – 45	-
40	0.425	6 – 16	3 – 33	18 – 36
200	0.075	0 – 8	0 – 20	10 – 22

Dari : SKBI 2.3.28.1988

2.4.2. Aspal

Aspal adalah material utama pada konst. Lapis perkerasan lentur jalan raya, yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena

mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesif, kedap air dan mudah dikerjakan. Aspal yang digunakan sebagai bahan jalan terbagi kedalam beberapa jenis, diantaranya : Aspal alam, Aspal hasil kilang minyak (bitumen) dan Ter.

2.4.3. Semen

Semen Portland / PC merupakan bahan ikat Hidrolis, yaitu apabila dicampur dengan air akan terjadi reaksi dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalamnya sehingga ikatan yang kuat akibat pengerasan.

Mengingat sifatnya yang sangat peka, maka semen yang akan digunakan harus memperhatikan hal-hal berikut :

1. Masih dalam keadaan baru
2. Tidak ada tanda-tanda membatu/mengeras
3. Masih berada di dalam bungkus yang asli dan diusahakan semen yang akan dipakai tidak lebih dari 3 (tiga) bulan dari waktu pengeluarannya.
4. Tempat penyimpanan semen harus diatur sedemikian baik, sehingga semen aman dari keadaan-keadaan yang dapat menyebabkan seen tidak dapat dipakai lagi.
5. Penempatan semen dalam gudang penyimpanan haruslah diatur rapi, sehingga semen yang datang lewat dapat dipakai lebih dahulu.

2.4.4. Besi Tulangan

Pada perkerasan bersambung tanpa tulangan (pada perkerasan kaku), penulangan tetap dibutuhkan untuk mengantisipasi atau meminimalkan retak pada tempat-tempat dimana dimungkinkan terjadi konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari.

Tujuan dasar distribusi penulangan baja, menurut Shirley L.H, bukan untuk membatasi lebar retakan yang timbul pada daerah dimana beban terkonsentrasi agar tidak terjadi pembelahan plat beton pada daerah retak tersebut, sehingga kekuatan beton dapat dipertahankan. Pada perkerasan bersambung dengan tulangan luas tulangan dihitung dari persamaan :

$$As = \frac{11,76 (F.L.h)}{fs} \quad (2.15.)$$

keterangan :

As = Luas tulangan yang diperlukan, (mm^2/m lebar)

F = Koefisien gesekan antara plat beton dengan lapisan di bawahnya (tabel 2)

L = Jarak antara sambungan, (m)

h = Tebal pelat, (mm)

fs = Tegangan tarik baja ijin, (Mpa)

Catatan : As minimum menurut SNI'91, untuk segala keadaan 0,14 % dari luas penampang beton.

Tabel 2.2 : Koefisien gesekan antara pelat beton semen dengan lapisan pondasi di bawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
BURTU, LAPEN dan konstruksi sejenis	2.2
Aspal beton, LATASTON	1.8
Stabilisasi kapur	1.8
Stabilisasi aspal	1.8
Stabilisasi semen	1.8
Koral sungai	1.5
Batu pecah	1.5
Sirtu	1.2
Tanah	0.9

Dari : SKBI 2.3.28.1988

2.4.5. Air

Air sebagai bahan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia juga merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam pelaksanaan proyek pembangunan jalan ini. Selain digunakan sebagai bahan untuk pencampur air juga berfungsi

sebagai bahan untuk perawatan konstruksi. Dalam pelaksanaannya air digunakan pada setiap lapis perkerasan.

2.5. Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan

2.5.1. Asumsi

Jam kerja efektif per – hari (T_k) = 7 jam

Faktor pengembangan bahan (F_k) = fh

Faktor kehilangan bahan (F_h) = 1,10

Jarak rata-rata quarry ke lapangan (L) = 20 km

Tebal hamparan padat (t) = disesuaikan jenis perkerasan

Berat jenis bahan/material (D) = disesuaikan jenis bahan/material

2.5.2. Komposisi campuran

1. Komposisi campuran AC

Coarse Agregat = 61,15 %

Fine Agregat = 27,00 %

Fraksi Filler = 4,85 %

Asphalt = 7,00 %

2. Komposisi campuran ATB :

Coarse Agregat = 50,00 %

Fine Agregat = 38,00 %

Fraksi Filler = 5,50 %

Asphalt = 6,50 %

3. Komposisi campuran Beton Semen :

Semen : Pasir : Agregat = 1 : 2,5 : 3

2.5.3. Rumus-rumus Kebutuhan Bahan

$$1. \text{ Agregat kasar} = (CA \times D1 \times t \times Fh1) / D2 \quad (2.16.)$$

$$2. \text{ Agregat halus} = (FA \times D1 \times t \times Fh1) / D2 \quad (2.17.)$$

$$3. \text{ Filler} = FF \times D1 \times t \times Fh1 \quad (2.18.)$$

$$4. \text{ Aspal} = AS \times D1 \times t \times Fh2 \quad (2.19.)$$

$$5. \text{ Semen} = (Sm \times D1 \times 1000) \times 1.05 \quad (2.20.)$$

$$6. \text{ Pasir} = ((Ps \times D1) : D3) \times 1.05 \quad (2.21.)$$

$$7. \text{ Agregat} = ((Kr \times D1) : D4) \times 1.10 \quad (2.22.)$$

keterangan :

CA = Persentase komposisi bahan Course Agregat

FA = Persentase komposisi bahan Fine Agregat

FF = Persentase komposisi bahan Fraksi Filler

AS = Persentase komposisi bahan Ashpal

Sm = Persentase komposisi bahan Semen

Ps = Persentase komposisi bahan Pasir

Kr = Persentase komposisi bahan Kerikil

2.6. Peralatan

Dalam pelaksanaan suatu proyek, salah satu faktor penunjang dalam pelaksanaan pekerjaan adalah peralatan yang digunakan. Dengan adanya peralatan tersebut maka kelangsungan dan kelancaan suatu kegiatan dapat dilaksanakan/diwujudkan, sehingga semua jenis pekerjaan dapat dilaksanakan sesuai dengan jadwal rencana pekerjaan (*time schedule*).

Menurut cara pelaksanaannya peralatan dibagi kedalam dua jenis yaitu peralatan yang bersifat manual dan peralatan yang bersifat mekanis. Tujuan dari

penggunaan peralatan yang bersifat mekanis adalah untuk mengerjakan pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan secara manual.

Untuk menentukan peralatan yang digunakan harus disesuaikan dengan macam dan jenis pekerjaan yang akan dikerjakan, antara lain :

1. Volume pekerjaan
2. Produktifitas/kapasitas proyek
3. Jadwal pelaksanaan pekerjaan proyek (*time schedule*)
4. Jenis pekerjaan
5. Jenis bahan
6. Lokasi/tempat serta medan (keadaan lokasi) pekerjaan.

Perhitungan komponen alat pada umumnya berdasarkan pada : Jenis, Kapasitas, Faktor Efisiensi Produksi, Waktu Siklus Kerja (*Cycle Time*), Hasil Produksi per Satuan Waktu, Kwantitas Jam Kerja, serta Harga Satuan Dasar Alat. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan kwantitas jam kerja suatu jenis alat, yaitu waktu yang dibutuhkan oleh alat tersebut untuk menghasilkan satu satuan produk mata pembayaran yang bersangkutan.

Jenis alat yang diperlukan dalam suatu mata pembayaran disesuaikan dengan ketentuan yang tercantum dalam spesifikasi teknis, misalnya dalam mata pembayaran Hot Rolled Sheet dalam spesifikasi diharuskan menggunakan Tandem roller untuk penggilasan awal dan Pneumatic Tyre Roller untuk penggilasan antara. Kapasitas alat yang akan digunakan harus sesuai dengan besarnya pekerjaan yang akan dilaksanakan dan ketentuan yang tercantum dalam

spesifikasi (bila ada). Satuan Alat biasanya terdiri dari unit, jam, hari, dan sebagainya. Besarnya harga kebutuhan tiap alat dipakai rumus :

$$\text{Koefisien alat} = 1 : Q \quad (2.23.)$$

Beberapa rumus kebutuhan alat antara lain ¹³:

1. Concrete Mixer

$$Q = (V \times Fa \times 60) / (Ts \times 1000) \quad (2.24.)$$

$$Ts = T1 + T2 + T3 + T4 \quad (2.25.)$$

Dengan :

$$\begin{array}{ll} T1 = \text{Memuat} & T3 = \text{Menuang} \\ T2 = \text{Mengaduk} & T4 = \text{Menunggu} \end{array}$$

2. Water Tank Truck

$$Q = (V \times Fa \times tn) / Wc \quad (2.26.)$$

3. Dump Truck

$$Q = (V \times Fa \times 60) / (D \times Ts) \quad (2.27.)$$

$$Ts = T1 + T2 + T3 + T4 \quad (2.28.)$$

dengan :

$$\begin{array}{ll} T1 = \text{mengisi bak} & T3 = \text{tunggu + dump + putar} \\ T2 = \text{angkut} & T4 = \text{kembali} \end{array}$$

4. Motor Graider

$$Q = (Lh \times b \times t \times Fa \times 60) / (n \times Ts) \quad (2.29.)$$

$$Ts = T1 + T2 \quad (2.30.)$$

dengan :

$$T1 (\text{Perataan 1 kali}) = Lh : (V \times 1000) \times 60$$

T2 = Lain-lain

5. Exavator

¹³ DPU, DirJen Bina Marga, *Analisa Harga Satuan*, Jakarta, 1990

$$Q = (F \times F_b \times F_a \times 60) / (T_s \times F_h) \quad (2.31.)$$

$$T_s = \text{Menggali} + \text{Lain-lain} \quad (2.32.)$$

6. Wheel Loader

$$Q = (V \times F_b \times F_a \times 60) / (T_s \times F_k) \quad (2.33.)$$

$$T_s = \text{Memuat} + \text{lain-lain} \quad (2.34.)$$

7. Vibrator Roller

$$Q = (b \times t \times F_a \times 60) / n \quad (2.35.)$$

8. Asphalt Sprayer

$$Q = (V \times F_a) / T_s \quad (2.36.)$$

9. Air Compressor

$$Q = V \times A_p \quad (2.37.)$$

10. Pneumatic Tire Roller

$$Q = \frac{(v \times 1000) \times b \times F_a}{n} \quad (2.38.)$$

11. Asphalt Finisher

$$Q = V \times F_a \quad (2.39.)$$

12. Asphalt Mixing Plant (AMP)

$$Q = (V \times F_a) / (D \times t) \quad (2.40.)$$

Keterangan :

Q	= Kapasitas Produksi/jam	tn	= Waktu pengisian tangki/jam
Ts	= Waktu siklus	D	= Berat jenis bahan
V	= Kapasitas alat	Lh	= Panjang hamparan
Fa	= Faktor efisiensi alat	b	= Lebar efektif kerja blade
Fb	= Faktor Bucket	Ap	= Aplikasi bahan lapisan
N	= Jumlah lintasan		

Catatan : Kebutuhan alat penggetar seperti Concrete Vibrator disesuaikan dengan kapasitas produksi alat pencampur (concrete mixer).

2.7. Tenaga Pekerja

Yang dimaksud dengan tenaga pekerja disini adalah tenaga kerja yang dikualifikasikan ke dalam suatu jenis mata pembayaran pekerjaan, antara lain: Mandor, Pekerja, Tukang, Sopir, Operator dan lain-lain.

Perhitungan upah tenaga kerja adalah berdasarkan : Kualifikasi, Jumlah, Kwantitas Jam Kerja, serta Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja. Beberapa kualifikasi tenaga kerja yang dapat digunakan untuk menyelesaikan suatu jenis mata pembayaran pekerjaan antara lain : mandor, pekerja, tukang, sopir, operator dan lain-lain.

Jumlah tenaga kerja yang digunakan sebagai faktor utama dalam proses produksi dihitung dengan cara di taksir, sedangkan jumlah tenaga kerja yang digunakan sebagai pendukung peralatan dihitung atas dasar produktifitas peralatan yang paling menentukan dibagi dengan jumlah dan klasifikasi tenaga kerja yang digunakan sesuai dengan uraian metode kerja.

Kuantitas jam kerja adalah angka yang menunjukkan lamanya pemakaian tenaga kerja dalam mengerjakan satu satuan produk suatu mata pembayaran. Harga satuan dasar tenaga kerja yang diperlukan dalam proses perhitungan analisa harga satuan pekerjaan yaitu berupa resume Harga Satuan Dasar tenaga kerja yang dibutuhkan dalam mata pembayaran pekerjaan tersebut berdasarkan data otentik yang tersedia.

Beberapa rumus kebutuhan tenaga kerja adalah sebagai berikut :

$$\text{Pekerja} = (\text{Tk} \times \text{P})/\text{Qt} \quad (2.41.)$$

$$\text{Mandor} = (\text{Tk} \times \text{M})/\text{Qt} \quad (2.42.)$$

$$\text{Tukang} = (\text{Tk} \times \text{Tb})/\text{Qt} \quad (2.43.)$$

Keterangan :

P = Jumlah kebutuhan Pekerja (orang)

M = Jumlah kebutuhan Mandor (orang)

Tb = Jumlah kebutuhan Tukang (orang)

Tk = Jam kerja efektif/hari (jam)

Qt = Produksi kerja 1 hari (kg)

2.8. Estimasi Biaya

Perkiraan (Estimasi) Biaya Proyek, merupakan jumlah dari harga total seluruh mata pembayaran ditambah dengan Pajak Pertambahan Nilai (PPN).

Estimasi biaya proyek terdiri dari :

2.8.1. Harga Satuan Setiap Mata Pembayaran

Harga Satuan setiap mata pembayaran adalah harga suatu jenis pekerjaan tertentu persatuan tertentu berdasarkan rincian metode pelaksanaan yang memuat jenis, kuantitas dan harga satuan dasar dari komponen tenaga kerja, bahan dan peralatan yang diperlukan didalamnya sudah termasuk biaya umum dan keuntungan.

2.8.2. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan untuk setiap mata pembayaran disesuaikan dengan kebutuhan per proyek yang dicantumkan dalam daftar kuantitas dan harga.

2. Harga Faktor regional dan Index Permukaan (awal dan akhir) untuk mendapatkan tebal minimum dan koefisien kekuatan relatif.
3. Gunakan daftar IV SKBI 2.3.26.1987 untuk mencari besarnya nilai Index Tebal Perkerasan dengan menggunakan nomogram.
4. Rencanakan ketebalan tiap lapis perkerasan.
5. Hitung nilai ITP-nya dengan menggunakan rumus (2.14.).
6. Kontrol apakah harga ITP pada nomor 5 sudah sesuai dengan harga ITP pada nomor 3, jika belum ulangi dengan menambahkan ketebalan rencana.

Untuk selanjutnya bagan alir (*flow chart*) tata cara perhitungan ketebalan untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.1.

2.9.2. Perkerasan Kaku

Perhitungan tebal lapis permukaan pada perkerasan kaku didasarkan pada total fatigue $\leq 100\%$. Tata cara perhitungan tebal lapis permukaan untuk jenis perkerasan kaku (beton semen), adalah sebagai berikut :

1. Klasifikasikan setiap jenis kendaraan kedalam konfigurasi sumbu
2. Hitung jumlah beban sumbu kendaraan niaga dari data lalu lintas harian pada awal umur rencana.
3. Hitung repetisi beban tiap konfigurasi beban sumbu pada jalur rencana.
4. Hitung besarnya modulus keruntuhan beton yang terjadi (f_r)
5. Rencanakan ketebalan, kemudian hitung jumlah persen fatigue dengan menggunakan tabel seperti tabel 2.3. jika lebih besar dari 100%, maka

hitungannya diulang dengan menambahkan ketebalan rencana sampai jumlah persen fatiguenya $\leq 100\%$.

Tabel 2.3. : Perhitungan Tebal lapis permukaan pada perkerasan kaku

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu (ton)	Beban Rencana (FK)	Repetisi Beban (10^5)	Tegangan yang terjadi (MPa)	Perbandingan tegangan	Jumlah Repetisi beban ijin	Persen Fatigue (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
STRT	-	-	-	-	-	-	-
STRT	-	-	-	-	-	-	-
STRG	-	-	-	-	-	-	-
STRT	-	-	-	-	-	-	-
STRG	-	-	-	-	-	-	-
STRG	-	-	-	-	-	-	-
JUMLAH							< 100 %

Sumber : Shirley L.H., Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya

Tata cara pengisian kolom tabel 2.3. :

Kolom 1 : Klasifikasikan tiap konfigurasi beban sumbu (STRT, STRG atau SGRG).

Kolom 2 : Masukkan jumlah beban sumbu masing-masing.

Kolom 3 : Hasil perkalian antara faktor keamanan dengan kolom 2.

Kolom 4 : Hasil perkalian kolom 2 & 3.

Kolom 5 : Didapat dari Grafik NAASRA pada lampiran 8, 9 dan 10.

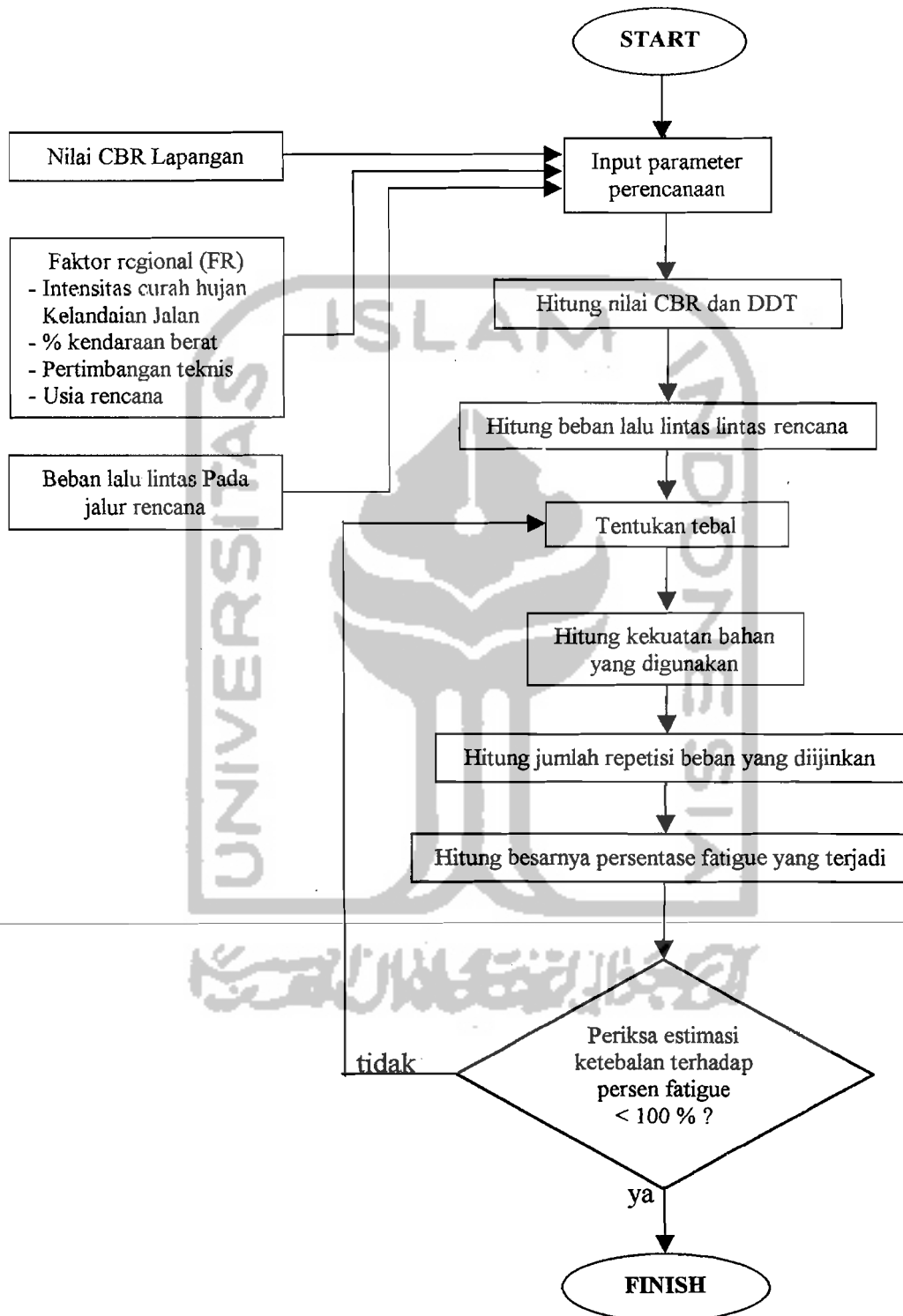
Kolom 6 : Kolom 5 dibagi dengan f_r \rightarrow f_r = modulus keruntuhan beton.

Kolom 7 : Dari tabel perbandingan tegangan dan jumlah pengulangan beban yang diijinkan (lampiran 13).

Kolom 8 : Kolom 4 dibagi dengan kolom 7.

Untuk selanjutnya bagan alir (*flow chart*) tata cara perhitungan ketebalan

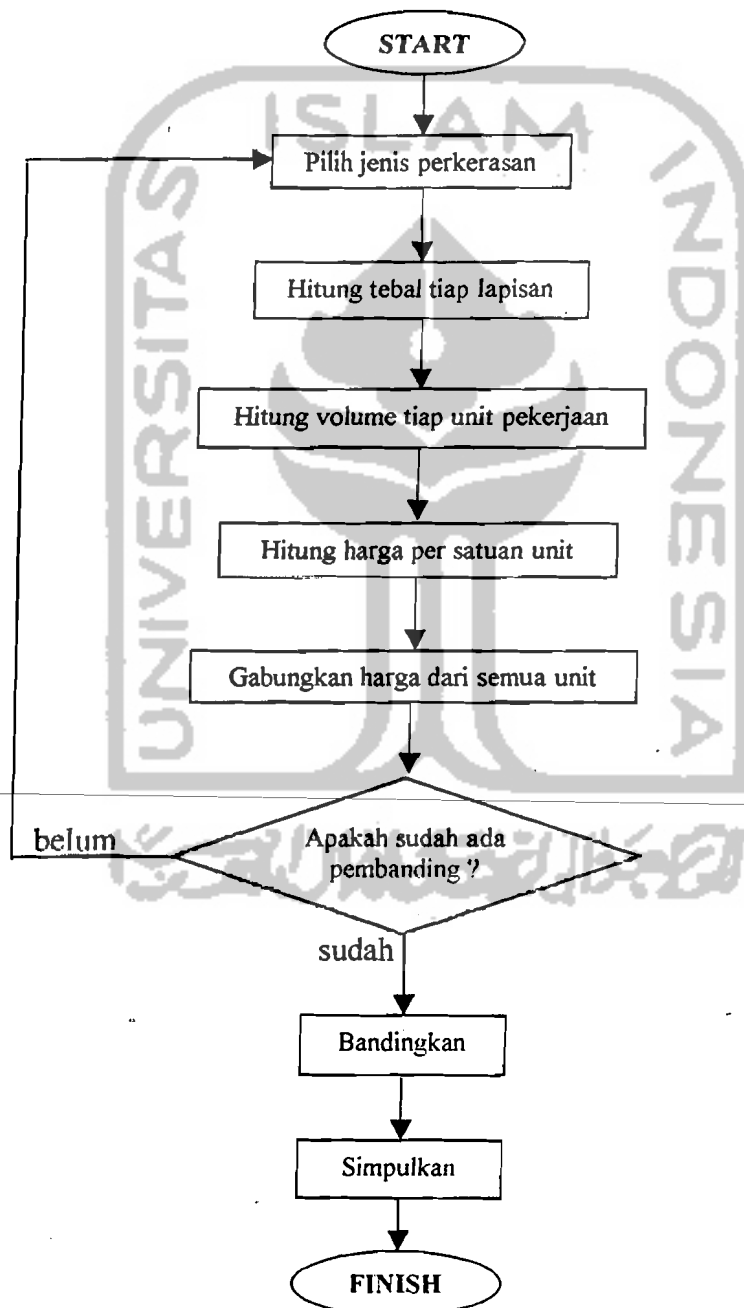
untuk perkerasan kaku beton semen dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. : Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan kaku (beton semen)

2.10. Perbandingan Biaya Perkerasan

Besarnya biaya pekerjaan adalah biaya pembuatan struktur jalan yang dihitung pada tiap lapisan. Selanjutnya akan dicari besarnya nilai banding antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. (lihat gambar 2.3.)



Gambar 2.3. : Analisa Biaya Perkerasan