

BAB VI

PERANCANGAN PERKERASAN

6.1 Umum

Volume dan komposisi kendaraan suatu ruas jalan selama umur rencana (*design life*) ditetapkan sebagai beban yang dipikul badan jalan melalui perkerasannya. Sebagai pemikul beban perkerasan haruslah memenuhi persyaratan struktural (kekuatan, kekakuan) disamping persyaratan lalu lintas seperti : permukaan yang rata, kekesatan jalan yang tidak menimbulkan selip, kemiringan untuk pengaliran air dan permukaan jalan tidak mengkilap untuk menghindarkan kesilauan akibat pantulan cahaya. Persyaratan struktural dipenuhi untuk tersedianya tebal perkerasan yang cukup serta lapisan penutup harus bersifat kedap air.

Pada saat perancangan perkerasan juga harus disertakan pertimbangan ekonomi, sehingga dengan demikian perlu adanya perancangan perkerasan secara terpadu yang mencakup dua hal pokok yakni :

1. Perancangan tebal total dan tebal masing-masing lapis perkerasan.
2. Perancangan campuran bahan-bahan perkerasan.

6.2 Jenis Perkerasan

Menurut karakteristik bahan perekat yang digunakan dikenal 2 (dua) klasifikasi perkerasan, yaitu :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur biasanya terdiri dari lapisan penutup dan lapisan-lapisan pondasi dibawahnya. Kekuatan perkerasan ini tergantung dari sifat penyebaran oleh masing-masing lapisan, oleh karena itu tebal lapisan sangat menentukan kekuatan perkerasan. Penentuan tebal lapisan terutama dipengaruhi oleh kekuatan tanah dasarnya. Dengan tersedianya tebal lapisan yang cukup, memungkinkan penyebaran beban ke tanah dasar dalam daerah yang lebih luas, sehingga tegangan tanah lebih besar dari tegangan yang ditimbulkan beban lalu lintas diatasnya.

2. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku ini terdiri dari satu lapisan beton yang diletakkan langsung atau dengan terlebih dahulu dibuatkan selapis tipis pondasi diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Kekuatan perkerasan ini bukanlah ditentukan oleh kekuatan tanah dasarnya, tetapi oleh kekuatan lapisan beton itu sendiri. Seperti diketahui bahwa beton mempunyai modulus elastisitas yang besar, sehingga dengan kekerasannya tersebut memungkinkan penyebaran beban ke tanah dasar dalam daerah yang lebih luas.

Perancangan perkerasan jaringan jalan di Indonesia umumnya digunakan perkerasan lentur. Demikian pula jalan tol Semarang Seksi C konstruksi perkerasannya menggunakan perkerasan lentur, namun penulisan Tugas Akhir ini

perancangan perkerasan jalan digunakan perkerasan kaku sebagai bahan perbandingan dengan perkerasan yang sudah ada.

Bagian-bagian dari perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

1. Lapis permukaan (slab beton)
2. Lapis pondasi
3. Tanah dasar (subgrade)

Bagian-bagian perkerasan tersebut dapat dilihat pada gambar 6.1 berikut ini :



Gambar 6.1 Bagian-bagian perkerasan kaku

6.3 Metoda Perancangan

Dalam Tugas Akhir ini perancangan jalan Tol Semarang Seksi C dianggap sebagai perkerasan baru dengan umur rencana 20 tahun. Perancangan perkerasannya menggunakan perkerasan kaku cara AASHTO 1986. Besaran rencana yang digunakan adalah sebagai berikut :

6.3.1 Persentase Kendaraan pada Jalur Rencana (C)

Persentase kendaraan pada jalur rencana adalah besarnya persentase kendaraan ringan atau berat yang melalui jalur rencana. Cara penentuannya dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut :

Tabel 6.1 Tabel penentuan distribusi kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan		Kendaraan berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur		0,30		0,45
5 lajur		0,25		0,425
6 lajur		0,20		0,40

Sumber : Bina Marga 1983

6.3.2 Angka Ekuivalen (E)

Angka ekuivalen yaitu angka yang menunjukkan perbandingan jumlah lintasan beban sumbu tunggal standar seberat 8,16 ton (18.000 lbs) beroda ganda. Beban kendaraan lain dengan beban sumbu yang berbeda-beda diekuivalenkan ke beban sumbu standar menggunakan angka ekuivalen beban sumbu (E). Angka Ekuivalen masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus sebagai berikut :

$$\text{Angka Ekvaken sumbu tunggal} = \left[\frac{\text{beban 1 sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right]^4$$

$$\text{Angka Ekuivalen sumbu ganda} = 0,086 \left[\frac{\text{beban 1 sumbu ganda dalam kg}}{8160} \right]^4$$

Bila beban sumbu depan dan belakang untuk masing-masing kendaraan pada jalan tol Semarang Seksi C diperkirakan sebagai berikut :

$$\text{Car} = (1 \text{ ton} + 1 \text{ ton})$$

$$\text{Bus} = (3 \text{ ton} + 5 \text{ ton})$$

$$\text{Truk} = (5 \text{ ton} + 8 \text{ ton})$$

maka angka ekivalen bagi masing-masing jenis kendaraan adalah :

$$\text{Car} = (0,0002 + 0,0002) = 0,0004$$

$$\text{Bus} = (0,0183 + 0,1410) = 0,1593$$

$$\text{Truk} = (0,1410 + 0,9238) = 1,0648$$

6.3.3 Lalu Lintas

6.3.3.1 Lalu lintas harian rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihiutng dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah jalan dengan median.

6.3.3.2 Lalu lintas Ekivalen permulaan

Lalu lintas Ekivalen permulaan adalah jumlah lintasan ekivalen rata-rata dari sumbu seberat 8,16 ton (18.000 lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana.

6.3.3.3 Lalu lintas Ekivalen akhir

Lalu lintas Ekivalen akhir adalah jumlah lintasan ekivalen rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana jalan.

6.3.3.4 Lalu lintas Ekivalen tengah

Lalu lintas Ekivalen tengah adalah jumlah lintasan ekivalen rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8.16 ton (18.000 lbs) pada lajur rencana pada pertengahan umur rencana.

6.3.4 Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)

Modulus ini merupakan ukuran kekakuan tanah dasar dan dinyatakan dalam kaitannya dengan beban dalam pound per inci persegi (psi) untuk setiap lendutan 1 inci yang diukur dibawah plat kaku berdiameter 30 inci. Penggunaan nilai tunggal (k) dalam analisis dianggap bahwa tanah dasar atau pondasi adalah elastis dan tanpa koreksi terhadap kadar air.

Nilai k berkisar antara 50 psi untuk tanah paling buruk dan 700 psi untuk tanah yang paling baik.

6.3.5 Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Beberapa nilai IP beserta artinya tersebut di bawah ini :

- IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.
- IP = 2,5 menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan IP pada akhir umur rencana (IPt) perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lalu lintas, AASHTO menetapkan dua besaran angka seperti tersebut diatas.

IPo = 4 menyatakan kondisi permukaan jalan yang stabil dan baik sekali pada awal umur rencana, AASHTO hanya mengambil satu besaran angka untuk perkerasan kaku.

Δ PSI adalah selisih antara IPo dan Ipt.

6.3.6 Deviasi atau Simpangan (Z_R)

Besarnya nilai simpangan berkaitan dengan tingkat keyakinan (R) akan prediksi kinerja perkerasan akibat umur rencana dan jumlah lintasan pada perkerasan tersebut. Nilai R mengecil maka nilai Z_R akan membesar dan sebaliknya seperti pada tabel 6.2 berikut :

Tabel 6.2 Hubungan tingkat keyakinan (R) dan simpangan (Z_R)

R (%)	50	60	70	75	80	85	90	91
Z_R	-0,000	-0,253	-0,524	-0,674	-0,841	-1,037-	-1,282	-1,340

R (%)	92	93	94	95	96	97	98	99	99,99
Z_R	-1,405	-1,476	-1,555	-1,645	-1,751	-1,881	-2,054	-2,327	-3,750

Sumber : AASHTO 1986

Nilai R (tingkat keyakinan) yang dianjurkan seperti tabel 6.3 berikut :

Tabel 6.3 Nilai R

Fungsi Jalan	Nilai R	
	Urban	Rural
Jalan Nasional/Tol	85 – 99,9	80 – 99,9
Jalan Propinsi	80 – 99	75 – 95
Jalan Kolektor	80 – 95	75 – 95
Jaan Lokal	50 – 80	50 – 80

6.3.7 Gabungan Kesalahan Prediksi Lalu Lintas dan Tanah Dasar (So)

Nilai So menurut AASHTO 1986 :

1. Prediksi lalu lintas dipertimbangkan maka $So = 0,44$
2. Prediksi lalu lintas tidak dipertimbangkan maka $So = 0,49$
3. Nilai So berkisar $0,40 - 0,50$

6.3.8 Koefisien Drainasi (Cd)

1. Kondisi drainasi dapat dilihat pada tabel 6.4 di bawah :

Tabel 6.4 Kondisi Drainasi

Kondisi Drainasi	Sangat baik	Baik	Cukup	Tidak baik	Sangat tidak baik
Air pergi dalam waktu	2 jam	1 hari	1 minggu	1 bulan	Tidak dapat mengalir

Sumber : A.ASHTO 1986

2. Nilai Cd berdasarkan kondisi drainasi yang dipilih berdasarkan tabel diatas dapat ditentukan dengan melihat tabel 6.5 dibawah ini :

Tabel 6.5 Nilai Cd

Kondisi Drainasi	% waktu perkerasan terendam air sampai kondisi jenuh air			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Sangat baik	1,20 – 1,25	1,15 – 1,20	1,10 – 1,15	1,10
Baik	1,15 – 1,20	1,10 – 1,15	1,00 – 1,10	1,00
Cukup	1,10 – 1,15	1,00 – 1,15	0,90 – 1,00	0,90
Tidak baik	1,00 – 1,10	0,90 – 1,00	0,80 – 0,90	0,80
Sangat tidak baik	0,90 – 1,00	0,80 – 0,90	0,70 – 0,80	0,70

Sumber : AASHTO 1986

6.3.9 Modulus of Nepture Beton (Sc')

Nilai modulus of nepture beton berdasarkan AASHTO 1986 adalah 500 – 1200 dalam satuan psi, dipakai harga modulus nepture beton $Sc' = 780$ psi.

6.3.10 Koefisien Transfer Beban (J)

Nilai Koefisien transfer beban berdasarkan AASHTO 1986 adalah 2,2 – 4,3 tanpa satuan, bila ujung tak bebas maka nilai $J = 3,2$.

6.3.11 Modulus Elastisitas Beton (Ec)

Nilai modulus elastisitas beton menunjukkan kekakuan beton, nilainya berbeda-beda tidak hanya tergantung dari kekuatan tapi juga dari umur, keadaan kelembaban, kondisi tegangan dan faktor-faktor lainnya. Modulus yang lebih tinggi menghasilkan tegangan kerut yang lebih tinggi karena modulus elastisitas beton ini meningkat sebanding dengan elastisitasnya.

6.4 Perhitungan Tebal Perkerasan

Perancangan tebal perkerasan dengan rigid pavement standar rumus AASHTO 1986 adalah menggunakan rumus :

$$\log W_{18} = 7,35 \cdot \log(D+1) - 0,06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta \text{Psi}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \cdot \text{Pt}) \times \log \left[\frac{\text{Sc}^1 \cdot \text{Cd} \cdot (D^{3,4} - 1,132)}{215,63 \cdot \text{J} \cdot \left(D^{3,4} - \frac{18,42}{(\text{Ec}/\text{K})^{0,25}} \right)} \right] + Z_R \cdot S_o$$

Dari rumus tersebut dicari nilai besaran rencana yaitu :

W_{18} = Prediksi jumlah beban yang lewat (dalam SAL 18 kips) untuk umur rencana 20 tahun.

Awal umur rencana tahun 1998 :

C = 2523 kendaraan (mobil penumpang/kendaraan ringan)

B = 734 kendaraan (bus)

T = 1895 kendaraan (truk)

Berdasarkan hasil analisis lalu lintas didapat prediksi angka pertumbuhan lalu lintas sebesar 7% pertahun.

Lalu lintas pada awal tahun rencana perkerasan (tahun dibukanya jalan tol) dihitung dengan rumus $(1+i)^n$:

$$\text{Car} = (1 + 7\%)^1 \cdot 2523 = 2700 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Bus} = (1 + 7\%)^1 \cdot 734 = 786 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Truk} = (1 + 7\%)^1 \cdot 1895 = 2028 \text{ kendaraan}$$

Lalu lintas untuk umur rencana 20 tahun atau diakhir umur rencana :

$$\text{Car} = (1 + 7\%)^{20} \cdot 2700 = 10449 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Bus} = (1 + 7\%)^{20} \cdot 786 = 3042 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Truk} = (1 + 7\%)^{20} \cdot 2028 = 7848 \text{ kendaraan}$$

Menentukan angka Ekuivalen lalu lintas (E) dihitung :

$$\text{Car : as depan} \quad (1 \text{ ton}) / (2,20 \text{ kips}) : E = 0,0002$$

$$\text{as belakang} \quad (1 \text{ ton}) / (2,20 \text{ kips}) : E = \underline{0,0002} +$$

$$E = 0,0004$$

$$\text{Bus : as depan} \quad (3 \text{ ton}) / (6,60 \text{ kips}) : E = 0,0183$$

$$\text{as belakang} \quad (5 \text{ ton}) / (11,0 \text{ kips}) : E = \underline{0,1410} +$$

$$E = 0,1593$$

$$\text{Truk : as depan} \quad (5 \text{ ton}) / (11,0 \text{ kips}) : E = 0,1410$$

$$\text{as belakang} \quad (8 \text{ ton}) / (17,6 \text{ kips}) : E = \underline{0,9238} +$$

$$E = 1,0648$$

Lalu lintas dalam jangka waktu 20 tahun = $\frac{1}{2}$ (awal + akhir)

$$\text{Car} = \frac{1}{2} \cdot (2700 + 10449) = 6575 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Bus} = \frac{1}{2} \cdot (786 + 3042) = 1914 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Truk} = \frac{1}{2} \cdot (2028 + 7848) = 4938 \text{ kendaraan}$$

Lalu lintas yang dinyatakan dalam 18 kips SAL (W_{18}) :

$$W_{18} = (6575 \times 0,0004) + (1914 \times 0,1593) + (4938 \times 1,0648)$$

$$= 5565,5126 \text{ SAL}$$

Jumlah total W_{18} sampai akhir umur rencana (20 tahun) :

$$W_{18} = 5565,5126 \times 20 \times 365 = 40,6282 \cdot 10^6 \text{ SAL}$$

ΔPsi = perbedaan antara P_o dan P_t

P_o = untuk rigid pavement AASHTO diambil = 4

P_t = untuk jalan major highway = 2,5

$$\Delta \text{Psi} = 4 - 2,5 = 1,5$$

Sc' = Modulus of nepture beton (psi) besarnya ditentukan 780 psi

Cd = Koefisien drainasi, diambil dari tabel 6.5, dengan kondisi drainasi sangat baik dan presentase waktu terendam air < 1% didapat $Cd = 1,20$ (tanpa satuan)

J = Koefisien penyaluran beban dengan anggapan ujung plat beton tidak bebas didapat $J = 3,2$ (tanpa satuan)

Ec = Modulus elastisitas beton (psi)

digunakan beton dengan $fc' = 30 \text{ Mpa}$, maka didapat $Ec = 4700 (fc')^{0,5}$

$$Ec = 3,07 \cdot 10^5 \text{ psi}$$

K = Modulus reaksi tanah (P_{ci})

dari CBR tanah didapat nilai $K = 100$

Z_R = Simpangan

dari tabel 6.2 dan 6.3 dengan mengambil nilai $R = 85\%$ (dalam memprediksi lalu lintas dan umur rencana) didapat $Z_R = -1,037$

S_o = gabungan kesalahan untuk prediksi lalu lintas dan prediksi kinerja lapis keras.

$S_o = 0,44$ (prediksi lalu lintas dipertimbangkan)

Variabel-variabel di atas dimasukkan ke dalam rumus berikut :

$$\log W_{18} = 7,35 \cdot \log(D+1) - 0,06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta \text{Psi}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \cdot \text{Pt}) \times \log \left[\frac{\text{Sc}' \cdot \text{Cd} \cdot (D^{3/4} - 1,132)}{215,63 \cdot \text{J} \cdot \left(D^{3/4} - \frac{18,42}{(\text{Ec}/\text{K})^{0,25}} \right)} \right] + Z_R \cdot S_o$$

$$7,61 = 7,35 \log(D+1) - \frac{0,3}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + 3,42 \times \log \left[\frac{936(D^{3/4} - 1,132)}{690,016(D^{3/4} - 2,4746)} \right] - 0,4563$$

Dengan menggunakan cara trial :

coba : $D = 11''$ hasilnya : 7,49

$D = 12''$: 7,74

$D = 11,5''$: 7,617 \approx 7,61

Dari hasil trial diatas didapat tebal plat beton perkerasan $D = 11,5$ inci atau $D = 30$ cm.

6.5 Penulangan Slab Beton

Penulangan slab beton perkerasan ini tidak sebagai penahan beban tetapi sebagai penahan bergesernya slab jika terjadi retakan.

Perhitungan penulangan :

f_s = tegangan kerja pada baja tulangan (psi) ; AASHTO Interim Guide menyarankan tegangan kerja yang berkisar antara 30.000 – 45.000 psi, tergantung pada jenis dan mutu baja.

w = Berat slab tiap meter persegi luas (pound)

diperkirakan beratnya 125 pound

$L = L_x = L_y$ = Panjang slab antar sambungan (feet)

$L_x = 15$; $L_y = 40$

A_s = Luas potongan melintang baja tiap 1 feet lebar dalam inci persegi

f = Koefisien gesek antara slab dan tanah dasar juga disebut koefisien perlawanan tanah dasar yang besarnya berkisar antara 1 dan 2, dan Interim Guide menyarankan nilai sebesar 1,5.

$$\text{Tulangan memanjang : } A_s = \frac{w \cdot f \cdot L_y}{2 \cdot f_s}$$

$$A_s = \frac{125 \times 1,5 \times 40}{2 \times 45.000}$$

$$= 0,08 \text{ in}^2/\text{feet panjang}$$

$$\text{Tulangan melintang : } A_s = \frac{w \cdot f \cdot L_x}{2 \cdot f_s}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{125 \times 1,5 \times 15}{2 \times 45.000} \\ &= 0,03 \text{ in}^2/\text{feet panjang} \end{aligned}$$

6.6 Tebal Lapis Pondasi

Pondasi untuk perkerasan kaku ini diambil tebal 4 in (10 cm) tanpa melalui perhitungan karena dianggap pondasi hanya sebagai pencegah pumping bukan sebagai bagian dari perkerasan. Pumping adalah keluarnya air dan partikel-partikel tanah dasar melalui sambungan dan retakan di sepanjang tepi perkerasan beton.

6.7 Bahan dan Pelaksanaan Pekerjaan

Pelaksanaan pekerjaan yang baik tergantung mutu bahan yang digunakan, teknik pelaksanaan konstruksi yang diterapkan, pengendalian mutu bahan sesuai dengan spesifikasi, keahlian yang tinggi dari operator dan pelaksana serta pengawasan yang ketat.

6.7.1 Tanah Dasar

Tanah dasar adalah permukaan tanah asli, permukaan tanah galian atau bisa juga permukaan tanah timbunan yang dipadatkan sebagai dasar perletakan bagian perkerasan. Bagian-bagian perkerasan itu secara keseluruhan disebut perkerasan (*pavement*), dibuat untuk dapat memberikan layanan bagi kendaraan secara aman dan nyaman di segala cuaca, selama umur rencana jalan.

6.7.1.1 Pengelupasan lapisan humus (*Striping*)

Pengelupasan lapisan humus adalah pekerjaan membuang dan mengikis tanah humus atau top soil pada lokasi rencana jalan, sebelum suatu konstruksi diletakkan atau sebelum diadakan penimbunan tanah untuk *subgrade* berupa tanah timbunan. Pembuangan lapisan humus ini untuk mencegah menurunnya badan jalan bila langsung ditimbun, selain untuk mencegah tumbuhnya tanaman pada tanah dasar di daerah badan jalan. Pengelupasan tanah humus dilakukan sedalam 10 – 30 cm.

Supaya bekas tanah pengelupasan tidak terisi air hujan atau diakibatkan naiknya air tanah yang tinggi, maka pengelupasan tanah harus secepatnya ditimbun dengan tanah sesuai persyaratan sebagai tanah timbunan. Menggunakan alat Bulldozer untuk mengelupas lapisan tanah, pengangkutan tanah ke atas truk menggunakan Loader dan dibuang ke tempat pembuangan menggunakan truk.

6.7.1.2 Penimbunan untuk tanah dasar

Tanah yang akan digunakan menimbun harus diperiksa sesuai persyaratan bahan timbunan tanah dasar, selain itu dilakukan percobaan pemadatan guna menentukan prosedur pemadatan terbaik, pemilihan alat-alat pemadat secara efisien, tebal lapisan tanah, kadar air optimum pada saat pemadatan dan jumlah lintasan untuk mencapai kepadatan yang disyaratkan.

Pengangkutan tanah timbunan menggunakan *Dump truck* menuju lokasi yang akan ditimbun, dituangkan berupa gundukan-gundukan tanah pada jarak tertentu. tumpukan tanah diratakan dalam keadaan lepas (*loose*) setebal 30 cm, menggunakan

Bulldozer dan Motor Grader, selanjutnya tanah dipadatkan menggunakan Vibratory Roller 8 – 12 lintasan sampai kepadatan sesuai spesifikasi, agar selama pemadatan keadaan air optimum seperti pada pemadatan di laboratorium, maka pada keadaan tanah kering dilakukan penyiraman menggunakan truk tangki air, sebaliknya bila tanah terlalu basah pengeringan tanah dilakukan dengan mengaduk-aduk diudara, terkena matahari dan angin, kemudian dipadatkan lagi.

Pemadatan tanah timbunan ini dilakukan per lapisan padat, dengan tebal tiap lapisan padat kira-kira 20 cm. Pemadatan dilakukan sampai permukaan rata, setelah itu dilakukan *Sand Cone Test* untuk mengetahui kepadatan lapisan harus sesuai dengan AASHTO T.19. Lapisan yang lebih dalam dari 30 cm dibawah elevasi tanah dasar harus dipadatkan sampai 90% kepadatan kering maksimum yang ditetapkan sesuai dengan AASHTO T.99. Apabila belum mencapai hasil sesuai dengan spesifikasi, maka tanah yang telah dipadatkan harus dibongkar dilakukan perbaikan.

Untuk mengetahui apakah kepadatan sudah sesuai maka dilakukan lagi tes kepadatan jika sudah sesuai maka dimulai penghamparan lapisan berikutnya. Timbunan dipadatkan lapis demi lapis, pada kedalaman 30 cm atau kurang dari elevasi, tanah dasar harus dipadatkan 100% dari kepadatan kering maksimum mengikuti AASHTO T.99. Tanah dasar yang selesai dikerjakan perlu dijaga agar tidak mengering, pecah-pecah dan kemungkinan terjadi kerusakan.

6.7.2 Lapisan Pondasi

Bahan yang digunakan untuk pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Bagian yang tertahan saringan no. 8, harus mempunyai nilai keausan maksimum 50% (AASHTO T.960), bila diperiksa dengan Los Angeles Abrasion Test.
2. Bagian yang hancur, waktu diberi air dan dikeringkan tidak boleh digunakan, Bina Marga mensyaratkan maksimum 5%.
3. Gradasi bahan pondasi harus terletak dalam toleransi antara berikut : (lihat tabel 6.7)

Tabel 6.6 : Persyaratan gradasi untuk pondasi (AASHTO M 147)

ASTM standar sieve	Persen berat yang lolos (%)
3"	100
1,5"	60 – 90
1"	46 – 78
3/4"	40 – 70
3/8"	24 – 56
No. 4(4,76 mm)	13 – 45
No. 8(2,38 mm)	6 – 36
No. 30(0,595 mm)	2 – 22
No. 40(0,476 mm)	2 – 18
No. 200(0,074 mm)	0 – 10

Pelaksanaan pekerjaan pondasi adalah sebagai berikut :

1. Setelah subgrade selesai, maka pondasi telah siap untuk dihamparkan.
2. Penghamparan agregat, tebal pondasi yang direncanakan setebal 10 cm (4 inci).
3. Pemberian air dan pemadatan, waktu pemadatan harus diperiksa kadar airnya (harus memenuhi persyaratan percobaan proktor di laboratorium, yaitu kadar air optimum). Bila kadar air lebih besar maka bahan tersebut harus dikeringkan atau bila kadar air kurang maka bahan tersebut ditambah kadar airnya, sebelum dilakukan pemadatan. Kadar air harus merata dengan lebih dulu diaduk dengan menggunakan *Motor grader*. Setelah kadar air mencukupi, hamparan agregat dibentuk dengan baik menggunakan alat *grader* atau agregat *spreader*, dan langsung dipadatkan dengan alat pemadat yang sesuai (*Vibratory roller, Three wheel, Tandem roller, Pneumatic tire roller* atau peralatan lain yang sesuai). Kepadatan yang dicapai harus 100% dari kepadatan kering maksimum mengikuti AASHTO T.99.

Pelaksanaan penggilasan harus dimulai dari sisi luar perkerasan menuju ke tengah, sejajar dengan as jalan, menuju ke bagian yang lebih tinggi. Bila pemadatan pondasi telah selesai, perbedaan tinggi tidak boleh melebihi 1,5 cm diatas atau dibawah grade yang telah ditetapkan, pada setiap titik. Pondasi yang tidak memenuhi persyaratan harus diolah kembali sampai memenuhi persyaratan.

6.7.3 Slab Beton

Pemilihan material dasar untuk slab beton yang meliputi semen, agregat dan air harus teliti, agar mendapatkan beton yang baik. Selain itu dalam pelaksanaan campuran harus dilakukan pengawasan secara ketat agar hasilnya dapat sesuai dengan yang diharapkan. Bahan dan persyaratan untuk campuran beton pada perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

1. Jenis semen yang dipakai dalam perkerasan beton adalah Portland semen. Semen ini mempunyai kemampuan ikatan dan pengerasan tingkat medium, banyak dipakai pada proyek-proyek jalan raya.
2. Agregat kasar dan agregat halus, syarat-syarat umum adalah sebagai berikut :
agregat mineral membentuk kira-kira 75% dari volume atau secara kasar 80% berat beton perkerasan jalan normal. Jika perkerasan jalan harus kuat, sempurna dan tahan lama maka agregat harus lolos pengujian-pengujian yang sesuai untuk kekuatan, kesempurnaan, pemakaian dan kombinasi dari ketiganya.
 - Spesifikasi agregat halus
Kebutuhan umum agregat halus terdiri dari pasir alami atau dapat pula digunakan bahan-bahan mineral lainnya atau bahan-bahan yang mempunyai karakteristik serupa atau kombinasi partikel-partikel yang kuat dan tahan lama.

- Spesifikasi agregat kasar

Kebutuhan umum agregat kasar terdiri dari batu hancur, batu krikil atau bahan lain dengan karakteristik serupa dan memiliki kekerasan, kekuatan, bebas potongan serta bersih dari kotoran yang menempel. Agregat yang digunakan pada perkerasan berkisar antara 1 – 1,5 in, sedang untuk agregat yang lebih kecil digunakan pada jalan dengan lalu lintas yang berat. Agregat harus lolos pada saringan No. 3/16 in. ukuran maksimum agregat kasar beton perkerasan adalah 2,5 in.

3. Air

Air harus bebas dari bahan yang bersifat asam basa dan minyak. Air yang mengandung tumbuh-tumbuhan yang membusuk harus dihindari karena dapat mengganggu ikatan semen. Umumnya air yang memenuhi persyaratan untuk minum juga memenuhi persyaratan untuk campuran beton kecuali air terlalu banyak mengandung sulfat.

4. Beton

Pada beton, sifat kemudahan pekerjaan adalah sifat yang menentukan untuk menghasilkan beton dalam keadaan padat, tidak berpori, merupakan sifat terpenting dalam keadaan plastis. Sifat kemudahan dalam pekerjaan dapat diukur baik dengan *compacting factor test* maupun dengan *slump test*. Meski tingkat kemudahan dalam pengerjaan meningkat pada keadaan kandungan air dan ukuran maksimum agregat meningkat, namun kekuatan beton menjadi berkurang. Beton

yang mempunyai nilai faktor pemadatan antara 0,85 – 0,90 biasanya memberikan hasil yang baik, tergantung pada kondisi cuaca. Faktor pemadatan yang lebih tinggi digunakan pada kasus cuaca yang basah dan kering.

Pencampuran secara merata pada beton adalah penting untuk mendapatkan campuran yang sama, sehingga tidak terjadi pemisahan (segregasi). Pemisahan terjadi jika beberapa unsur-unsur pokok cenderung untuk memisahkan diri dari massa yang utama. Secara umum pemisahan menunjukkan mutu agregat yang tidak baik, atau kandungan air yang tidak memenuhi syarat atau teknik pelaksanaan yang salah. Untuk itu perlu pengendalian mutu dan pelaksanaan yang baik.

Pelaksanaan pekerjaan beton :

1. Beton perkerasan yang digunakan adalah beton siap pakai hasil produksi dari pabrik pusat pengolahan beton.
2. Pengangkutan beton siap pakai dari pusat pengolahan beton ke lokasi proyek dilakukan menggunakan truk pengangkut beton.
3. Penghamparan adukan beton dengan penghamparan geser (*slip form fraver*) menggunakan mesin penghampar (*spreader*), yang dilengkapi dengan corong untuk menampung campuran beton yang ditumpahkan dari kendaraan pengangkutnya. Dilengkapi juga dengan penggetar atau *vibrator* bentuknya bisa berupa rangkaian beberapa tongkat penggetar yang ditenamkan ke dalam beton atau tabung penggetar horizontal. Fungsi dari penggetar ini sebagai

pemadat adukan beton. Bergerak dibelakang penggetar adalah sisi perata yang berorientasi tegak lurus terhadap arah pergerakan kendaraan. Alat ini mengisi dan mengikis permukaan beton sehingga mencapai elevasi akhir yang ditentukan.

4. Penghalusan permukaan beton. Setelah mesin penghampar dan mesin perata lewat setiap bagian permukaan yang masih menonjol atau cekung dihaluskan dengan *diagonal float* atau pipa penghalus. Tahapan ini dilaksanakan guna memenuhi persyaratan kehalusan permukaan perkerasan beton.
5. Pemeriksaan terhadap kehalusan dan kerapatan perkerasan beton. Alat yang digunakan adalah mistar panjang yang ditempatkan pada posisi sejajar sumbu jalan, mistar ini digeser maju sepanjang setengah dari panjang mistar, di sepanjang jalan tersebut. Ukuran mistar panjang 10 feet dengan batas variasi kurang dari 1/8 in. Mistar ini digantungkan pegangannya, sehingga memudahkan pengamatannya pada beton yang masih lunak. Pengamatan pertama dilakukan pada saat beton masih dalam keadaan plastis, bagian permukaan yang masih cekung ditutup lagi dengan beton yang baru, yang menonjol diratakan kemudian dihaluskan lagi. Pemeriksaan kedua dilakukan setelah beton mengering, umumnya dilakukan pada hari berikutnya. Pada saat itu yang boleh dilakukan adalah perbaikan-perbaikan kecil.

6.7.4 Baja Tulangan

Baja tulangan atau pasak penahan geser atau pengalih beban yang dipakai pada slab beton harus mempunyai sifat deformasi yang sesuai untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan. Pada beberapa keadaan khusus diperlukan tulangan dengan kualitas tinggi.

Pelaksanaan pemasangan baja tulangan pasak penahan geser, digunakan ada dua cara pemasangan yaitu : pemasangan tulangan sebelum penghamparan adukan beton dengan memasang anyaman baja tulangan secara kuat diatas dudukan khusus dan pemasangan tulangan setelah penghamparan yang menggunakan mesin pasang baja tulangan (*reinforcing steel placer and depressor*). Pasak penahan geser atau penahan beban dipasang secara kaku pada baja tulangan terlebih dulu, rangkaian pasak ini kemudian dikaitkan pada sebuah dudukan yang ditancapkan kedalam lapisan pondasi. Pemasangan pasak-pasak ini memerlukan ketelitian tinggi agar penempatannya tepat pada penjajaran alinyemen yang direncanakan.

6.7.5 Material Pengisi Sambungan

Ada dua jenis material pengisi sambungan yang saat ini dipakai :

1. Bahan pengisi berbentuk cairan, yang mengandung bahan asphalt, serbuk karet hasil pemanasan dari polimer. Bahan-bahan ini dituangkan dalam keadaan cair pada sambungan dan dibiarkan sampai mengeras.
2. Bahan pengisi Elastomer, bahan ini terdiri dari *neoprene* yang telah dibentuk sebelumnya sesuai dengan ukuran standar sambungan yang akan

digunakan. Dalam kaitan dengan seberapa jauh gerakan yang diizinkan berlaku pada sambungan, maka sebelumnya harus ditentukan ukuran kedalaman pemasangan *neoprene*.

6.8 Pembahasan

Perkerasan sebagai pemikul beban lalu lintas yang melewati harus memenuhi persyaratan struktural yaitu kekuatan perkerasan dan persyaratan lalu lintas yaitu kenyamanan dan keamanan bagi lalu lintas yang melewatinya.

Menurut bahan yang digunakan ada 2 jenis perkerasan yaitu :

1. Perkerasan lentur

Sebagai kekuatan dalam perkerasan lentur adalah pondasi dan bitumen sebagai lapis permukaan. Jenis ini banyak digunakan di Indonesia karena biaya konstruksi relatif murah.

2. Perkerasan kaku

Sebagai kekuatan dalam perkerasan kaku adalah lapis slab beton. Jenis ini kurang banyak dipakai karena biaya relatif mahal.

Perancangan perkerasan untuk jalan tol Semarang Seksi C digunakan perkerasan lentur. Sebagai evaluasi dirancang memakai perkerasan kaku. Metode penentuan tebal perkerasan digunakan AASHTO 1986, dengan menentukan besaran rencana yang mempengaruhinya. Dari perhitungan didapat tebal slab beton yang digunakan adalah 30 cm.

Dalam perhitungan, perkerasannya bekerja sebagai plat sehingga penulangan dalam slab beton ini bukan sebagai pemikul beban tetapi hanya sebagai penahan geser antar plat jika terjadi retakan. Lapis pondasi pada perkerasan tidak dihitung sebagai bagian perkerasan, tetapi hanya difungsikan untuk memperkecil pengaruh – pengaruh tanah dasar misalnya rembesan air tanah. Untuk pengendalian retakan pada slab beton, maka penghambaran perkerasan di jalan dengan diberi potongan membentuk perkerasan menjadi plat – plat. Potongan hanya berupa takikan sedalam $1/6 - 1/4$ dari tebal slab. Supaya kenyamanan penggunaan jalan tidak berkurang dan takikan tidak terisi oleh air maka dipasang pengisi sambungan atau lebih tepatnya takikan diisi dengan bahan *neoprene*.

Pada perkerasan kaku tingkat kenyamanannya kurang bila dibandingkan dengan perkerasan lentur, tetapi untuk menambah tingkat kenyamanan perkerasan kaku ini di atasnya bisa ditambahkan selapis aspal beton, tetapi lapisan ini tidak difungsikan menahan beban lalu lintas sehingga tidak perlu dihitung tebal aspal betonnya.