

BAB II

PENDAHULUAN

2.1. Tinjauan Umum

Jalan adalah salah satu hal utama untuk pembangunan konstruksi yang harus selalu dikembangkan setiap tahunnya. Karena jalan memudahkan masyarakat untuk mencapai kesesebuah tempat lebih mudah , jika hanya ada jalan setapak tanpa adanya pembangunan yang layak maka daerah tersebut tidak akan maju karena tidak adanya mobil atau motor yang akan melewati daerah tersebut. Sedangkan dalam bangsa romawi arti jalan adalah sebagai berikut :

Jalan (*Street*) Bangsa Romawi menyebut jalan mereka sebagai *VIA STRAETA* yang berarti *rute* atau jalan yang terbuat dari berbagai bahan secara berlapis-lapis. Seiring perjalanan waktu, kata *via* dihilangkan, dan *straeta* menjadi *STREET*. Jalan dalam kota cenderung disebut *street* karena pada zaman pertengahan (antara 1100-1500), dan sampai abad ke 16, jalan hanya diperkeras di kota- kota saja.

(Pengertian jalan menurut jaman Romawi; 2)

2.1.1 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan raya. Klasifikasi jalan raya dibagi dalam beberapa kelompok (TPGJAK No. 038/T/BM/1997), yaitu :

1. Menurut sistem jaringan jalan

- a. Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah ditingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.
- b. Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

2. Menurut fungsinya

- a. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rerata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- b. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rerata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rerata rendah.
- d. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rerata rendah.

Klasifikasi jalan di Indonesia menurut Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No 038/T/BM/1997, disusun pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi jalan secara umum menurut kelas, fungsi, dimensi

kendaraan maksimum dan muatan sumbu terberat (MST)

| Kelas Jalan | Fungsi Jalan | Dimensi kendaraan | | Muatan Sumbu |
|-------------|----------------|-------------------|-----------|--------------|
| | | Panjang (m) | Lebar (m) | |
| I | Jalan Arteri | 18 | 2.5 | > 10 |
| II | | 18 | 2.5 | 10 |
| IIIA | | 18 | 2.5 | 8 |
| IIIA | Jalan Kolektor | 18 | 2.5 | 8 |
| IIIB | | 12 | 2.5 | 8 |

(Sumber: Peraturan Pemerintah RI No. 43/1993)

3. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan – perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

| No | Jenis Medan | Notasi | Kemiringan Medan (%) |
|----|-------------|--------|----------------------|
| 1 | Datar | D | < 3 |
| 2 | Berbukit | B | 3-25 |
| 3 | Pegunungan | G | > 25 |

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

4. Menurut statusnya

- a. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam system jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
- b. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
- c. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, dan sistem jaringan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat pemukiman.

e. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan atau antar pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

5. Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Menurut Peraturan Perencanaan geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13 tahun 1970, klasifikasi jalan dikelompokkan menurut kapasitas lalulintas harian rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan SMP.

Tabel 2.3 Klasifikasi jalan dalam LHR

| No. | Fungsi | Kelas | Lalulintas Harian (smp) |
|-----|----------------|-------|-------------------------|
| 1 | Jalan Arteri | I | >20000 |
| 2 | Jalan Kolektor | II A | 6000 – 20000 |
| | | II B | 1500 – 8000 |
| | | II C | < 2000 |
| 3 | Jalan Lokal | III | - |

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13 tahun 1970.)

2.1.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_r) pada ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan – kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan tanpa pengaruh samping jalan yang berarti.

Tabel 2.4 Kecepatan Rencana (V_r) sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan

| Fungsi | Kecepatan Rencana, V_r , km/jam | | |
|----------|-----------------------------------|---------|------------|
| | Datar | Bukit | Pegunungan |
| Arteri | 70 – 120 | 60 – 80 | 40 – 70 |
| Kolektor | 60 – 90 | 50 – 60 | 30 – 50 |
| Lokal | 40 – 70 | 30 – 50 | 20 – 30 |

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

2.1.3 Bagian – Bagian Jalan

1. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan tinggi 5 meter diatas permukaan perkerasan pada sumbu jalan kedalam ruang bebas 1,5 m di bawah muka jalan

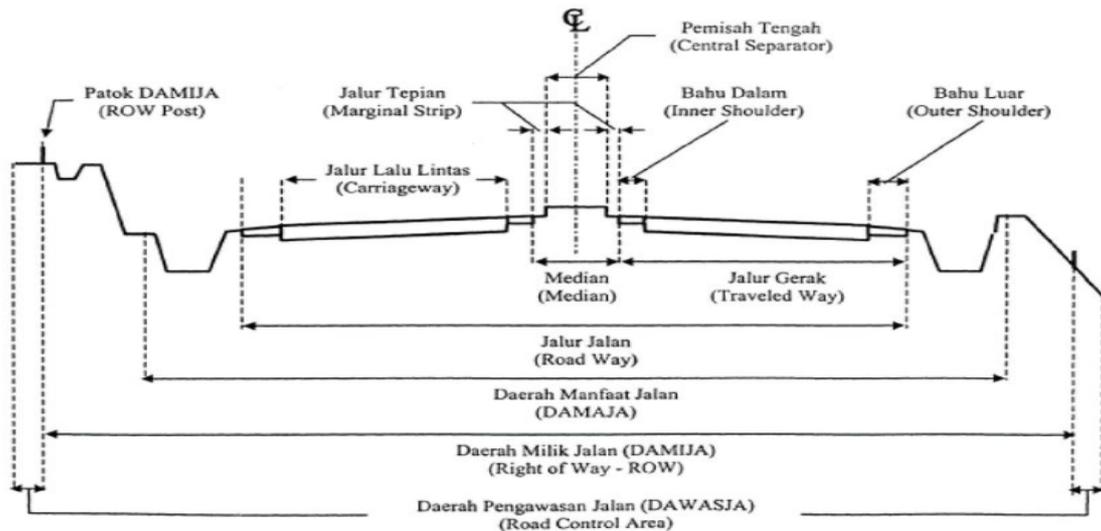
2. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Ruang daerah milik jalan (DAMIJA) dibatasi oleh lebar yang sama dengan DAMAJA ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5m dan kedalam 1,5m.

3. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

Ruang sepanjang jalan di luar DAMIJA yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sesuai dengan fungsi jalan:

- a. Jalan Arteri minimum 20 meter
- b. Jalan Kolektor minimum 15 meter
- c. Jalan Lokal minimum 10 meter



Gambar 2.1 DAMAJA, DAMIJA, DAWASJA di lingkungan jalan antar kota (TPGJA)

2.2 Jenis Kontruksi Perkerasan

Dalam perencanaan pembuatan jalan selalu disertai dengan perencanaan perkerasan, perencanaan perkerasan mengacu pada sifat tanah yang diketahui. Tanah yang masih bersifat natural biasanya tidak mampu mendukung beban berulang dari kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Karena hal tersebut maka dibutuhkan struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan. Struktur ini disebut dengan perkerasan atau pavement (Hardiyanto, 2007). Menurut Hardiyanto (2007) umumnya perkerasan dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
2. Perkererasan Kaku (*Rigid Pavement*)
3. Perkerasan Komposit (*Kombinasi dari dua perkerasa*)
4. Pekerjaan Paving Block (*Concrete Block Pavement*)

Tujuan utama pembuatan struktur jalan adalah untuk mengurangi tegangan atau tekanan akibat beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah yang menyokong struktur tersebut (Peter S. Kendrick; 77).

Perkerasan umumnya terdiri dari empat lapis material konstruksi jalan di atas lapis tanah dasar seperti :

1. lapis pondasi bawah, berfungsi untuk (a) penyebaran beban, (b) drainase bawah permukaan tanah (jika digunakan material drainase bebas), dan (c) permukaan jalan selama konstruksi.
2. Lapis pondasi jalan, merupakan lapisan utama yang mendistribusikan beban.
3. Lapis permukaan dasar, memberikan daya dukung pada lapis aus dan juga berperan sebagai pelindung jalan.
4. Lapis aus, yang berfungsi (a) menyediakan permukaan jalan yang antiselip, (b) memberikan perlindungan kedap air bagi perkerasan, dan (c) menahan beban langsung lalu-lintas. (*Arthur Wignall; 77*)

2.2.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang sering dipakai untuk pembuatan jalan karena mungkin dari segi biaya konstruksi lebih ekonomis dibandingkan dengan perkerasan kaku. namun tidak tahan lama cepat mengalami kerusakan.

Bahan-bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas: bahan ikat (aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas 3 (tiga) lapis atau lebih yaitu: lapis permukaan, lapis pondasi bawah, yang terletak di atas tanah dasar (subgrade). Tabel 1 dibawah ini merupakan istilah yang digunakan dalam perkerasan lentur.

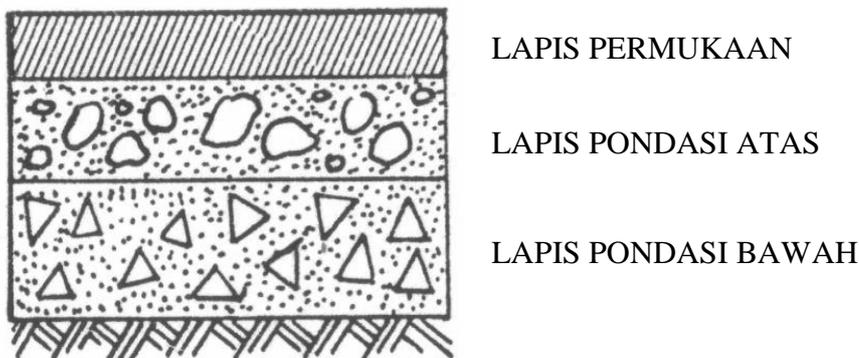
Tabel 2.5. Perkerasan Lentur

| Jenis Lapisan | USA | UK |
|----------------------|---|--|
| Lapisan Permukaan | Surface Course Wearing Course Binder Course | Surfacing : Wearing Course Base Course |
| Lapis Pondasi | Base Course Subbasegrade | Road Base Subbase Course |
| Tanah Dasar | Subgrade | Subgrade |

Sumber : Suprpto, 2004

Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat, seperti permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang dan permukaan yang cukup kaku sehingga tidak berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan – lapisan yang semakin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin kecil. Lapisan – lapisan tersebut adalah (Sukirman, 2010) :



Gambar 2.2 Lapis Perkerasan

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai berikut :

1. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan.
2. Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem.
3. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapisan di bawahnya.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

Lapis perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Namun demikian, akibat kontak langsung dengan roda kendaraan, hujan, dingin, dan panas, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga disebut lapis aus.

Dengan demikian lapisan permukaan dapat dibedakan menjadi :

1. Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapis permukaan yang kontak dengan roda kendaraan dan perubahan cuaca.
2. Lapis permukaan antara (*binder course*), merupakan lapis permukaan yang terletak di bawah lapis aus dan di atas lapis pondasi.

Berbagai jenis lapis permukaan yang umum digunakan di Indonesia adalah :

1. Laburan aspal
2. Lapis tipis aspal pasir (Latasir)
3. Lapis tipis beton aspal (Lataston)
4. Lapis beton aspal (Laston)
5. Lapis penetrasi macadam (Lapen)
6. Lapis asbuton agregat

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*). Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi atas diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar.

1. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis di bawahnya.
2. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.

3. Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan sebagai pengikat.

Berbagai jenis aspal yang umum digunakan di Indonesia adalah :

1. Laston lapis pondasi (*asphalt concrete base = AC – Base*)
2. Lasbutag lapis pondasi
3. Lapis penetrasi macadam (lapen)
4. Lapis pondasi agregat
5. Lapis pondasi tanah semen
6. Lapis pondasi agregat semen (LFAS)

c. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah merupakan lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar.

Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

1. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar.
2. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
3. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
4. Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.

5. Lapis *filter* untuk mencegah partikel – partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.

d. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade Course*)

Tanah dasar atau tanah asli adalah permukaan tanah semula sebelum dilakukan pelaksanaan galian dan timbunan yang merupakan perletakan bagian – bagian perkerasan lainnya.

Berdasarkan elevasi muka tanah dimana struktur perkerasan jalan diletakkan, lapis tanah dasar dibedakan menjadi :

1. Lapis tanah dasar asli adalah tanah dasar yang merupakan muka tanah asli di lokasi jalan tersebut.
2. Lapis tanah dasar tanah urug atau tanah timbunan adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di atas muka tanah asli.
3. Lapis tanah dasar tanah galian adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di bawah muka tanah asli.

2.2.2 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku atau perkerasan beton semen Portland atau Portland Cement (PC) . Umumnya terdiri dari pelat beton atau tulangan besi dari pondasi bawah (*subbase*), tapi lapisan permukaan aspal kadang – kadang ditambah pada saat pembangunan maupun sesudahnya.

Lapis pondasi bawah perkerasan kaku berfungsi untuk :

1. Mengendalikan pengaruh pemompaan (*pumping*)
2. Mengendalikan aksi pembekuan
3. Sebagai lapisan drainase
4. Mengendalikan kembang susut tanah dasar
5. Memudahkan pelaksanaan, karena dapat berfungsi sebagai lantai kerja.

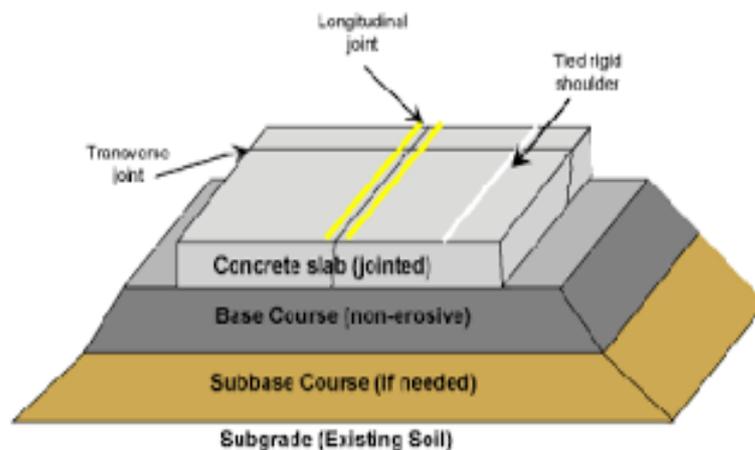
Pemeriksaan kekuatan stabilitas dengan semen dilakukan dengan Nilai Kekuatan Tekan hancur benda uji

Tabel 2.6 Perkerasan Lentur

| Jenis Lapisan | USA | UK |
|-------------------|---|--|
| Lapisan Permukaan | Surface Course Wearing Course Binder Course | Surfacing : Wearing Course Base Course |
| Lapis Pondasi | Base Course Subbasegrade | Road Base Subbase Course |
| Tanah Dasar | Subgrade | Subgrade |

Sumber : Suprpto, 2004

Susunan lapisan pada perkerasan jalan beton terdiri dari dua lapis, yaitu lapis beton dan lapis pondasi di bawahnya. Lapis beton tersebut dikerjakan secara persegi panjang dan lapis beton tersebut berada di atas lapis pondasi yang bisa berupa material berbutir dengan tebal minimal 15 cm atau campuran beton kurus (leanmix-concrete) dengan tebal minimal 10 cm.



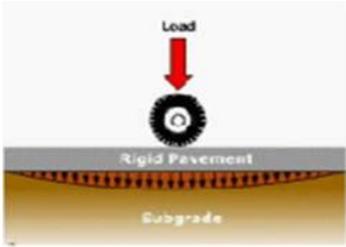
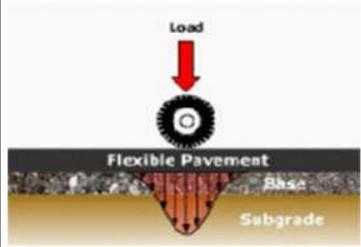
Gambar 2.3 Lapis Perkerasan Kaku

Hal ini tentu berbeda dengan jalan aspal yang konstruksinya terdiri dari tiga lapis, yaitu: lapisan aspal, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah. Kekuatan

jalan aspal lebih didukung oleh lapisan perkuatan pondasi dibawahnya, maka pondasi untuk konstruksi jalan aspal relatif lebih tebal (minimal 12-15cm).

Perbedaan antara perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu :

Tabel 2.7 Perbedaan Perkerasan Kaku Lentur

| No. | Perbedaan | Perkerasan kaku | Perkerasan lentur |
|-----|-----------------------|---|--|
| 1. | Distribusi tegangan | <p>Merata</p>  | <p>Terpusat</p>  |
| 2. | Susunan perkerasan | Dua lapis yaitu: lapis beton dan lapis pondasi. | Tiga lapis yaitu: lapis aspal, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah. |
| 3. | Tebal <i>sub base</i> | Relatif lebih tipis. | Relatif lebih tebal. |
| 4. | Kekuatan | Lebih ditentukan oleh tebal dan kualitas beton itu sendiri. | Ditentukan lapisan pondasi bawah (maka pondasi lebih tebal). |
| 5. | Perawatan | Lebih awet, direncanakan 20-40 tahun. | Perawatan berkala 3-5 tahun. |
| 6. | Daya tahan beban | Untuk menahan beban lalu lintas berat. | Untuk menahan beban lalu lintas ringan dan sedang. |
| 7. | Metode pengerjaan | Per segmen (dengan bekisting) | Langsung dihamparkan. |
| 8. | Biaya perawatan | Biasanya hanya pada sambungan (biaya relatif kecil). | Mahal (mencapai dua kali mahal dari perkerasan kaku). |

Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland Metode AASHTO, 1993.

Dalam perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapisan aus terdapat empat jenis perkerasan beton semen yaitu :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

4. Perkerasan beton semen pra tekan.

Perkerasan kaku direncanakan untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman serta dalam umur rencana tidak terjadi kerusakan yang berarti. Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut perkerasan kaku (*rigid pavement*) harus :

1. Mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar (akibat beban lalu lintas) sampai batas-batas yang masih mampu dipikul tanah dasar tersebut, tanpa menimbulkan perbedaan penurunan atau lendutan yang dapat merusak perkerasan.
2. Mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, serta pengaruh cuaca dan kondisi lingkungan.

Dalam perencanaan perkerasan kaku berpengaruh pula dengan beton yang akan digunakan maka sebaiknya kita memilih beton yang tepat dalam perencanaan perkerasan kaku. Beton adalah campuran antara semen *portland*, agregat (agregat kasar dan agregat halus), air dan terkadang ditambah dengan menggunakan bahan tambah (*admixtures*) yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serat sampai dengan bahan non kimia pada perbandingan tertentu (Tjokrodinuljo, 1996). Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya (Nawy, 1985). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen *portland* atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SK.SNI T-15-1990-03:1).

Beton mempunyai sifat dan karakteristik sebagai berikut:

1. Karakteristik beton mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.
2. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yang memikul momen lengkung atau tarikan.
3. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang makin – lama makin besar.
4. Proses kimia pengikatan semen dengan air menghasilkan panas dan dikenal dengan proses hidrasi.
5. Air berfungsi juga sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran sehingga beton dapat dipadatkan dengan mudah.
6. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan akan menyebabkan butiran semen berjarak semakin jauh sehingga kekuatan beton akan berkurang.

a. Kelas dan Mutu Beton

Dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971(PBI 1971 N.I.-2) dijelaskan kelas dan mutu beton dibagi menjadi tiga kelas yaitu :

a. Beton Kelas I

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan nonstruktur. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan.

b. Beton Kelas II

Beton Kelas II adalah beton untuk pekerjaan struktur secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Beton Kelas II di bagi dalam mutu standar: B1,

K125, K175, dan K225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan sedang terhadap mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K125, K175, dan K225, pengawasan mutu terdiri dari pengawasan yang ketat terhadap mutu bahan dengan mengharuskan pemeriksaan kuat tekan beton secara kontinyu.

c. Beton Kelas III

Beton Kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktural di mana di pakai mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm². Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinyu.

b. Macam Macam Jenis Beton

Beton dibedakan dalam dua kelompok besar, yaitu :

a) Beton Keras

Sifat-sifat beton keras yang penting adalah kekuatan karakteristik, kekuatan tekan, tegangan dan regangan, susut dan rangkai, reaksi terhadap temperatur, keawetan dan kedap terhadap air . Dari semua sifat tersebut yang terpenting adalah kekuatan tekan beton karena merupakan gambaran dari mutu beton yang ada kaitannya dengan struktur beton.

b) Beton Segar

Beton segar adalah campuran beton yang telah selesai diaduk sampai beberapa saat, karakteristiknya tidak berubah (masih plastis dan belum terjadi

pengikatan) (SNI 03-3976-1995). Ada beberapa hal penting yang harus dipenuhi ketika membuat beton segar antara lain yaitu :

- a. Sifat-sifat penting yang harus dimiliki beton segar dalam jangka waktu yang lama , seperti kekuatan, keawetan, dan kestabilan volume.
- b. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis (*workability*) atau kemudahan pengerjaan tanpa adanya *bleeding* dan *segregation*.

c. Beton Mutu Tinggi

Dalam ilmu teknologi beton telah dikembangkan beton mutu tinggi yang mempunyai kuat tekan antara 40-80 MPa atau lebih (Mulyono, 2004). Ditinjau dari segi bahan-bahan pembentuk bahan, dalam pembuatan beton normal, semen merupakan bahan termahal dari bahan penyusun yang lainnya. Oleh karena itu penggunaan semen yang jauh lebih banyak akan menyebabkan harga beton mutu tinggi lebih mahal dibandingkan dengan beton normal pada umumnya.

Adapun parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton antara lain :

1. Kualitas semen,
2. Proporsi terhadap campuran,
3. Kekuatan dan kebersihan agregat,
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,

7. Perawatan beton, dan Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos.

2.2.3 Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk ini maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya. Hal ini akan dibahas lebih lanjut di bagian lain. Konstruksi ini umumnya mempunyai tingkat kenyamanan yang lebih baik bagi pengendara dibandingkan dengan konstruksi perkerasan beton semen sebagai lapis permukaan tanpa aspal.

1. Dari kedua metode tersebut memberi beban lalu lintas sama dimana prosesnya bisa dilakukan lebih cepat bahkan memberi hasil sempurna. Pada metode perkerasan jalan komposit terdapat beberapa kelebihan yang wajib dimengerti oleh pengguna jalan, diantaranya: Proses rumit namun kualitas lebih baik tidak seperti metode perkerasan jalan aspal, pada jenis komposit menggabungkan unsur kaku dan lentur yang mana memperlihatkan kesan lebih cepat dalam proses konstruksinya. Dalam proses pembuatan lapisan jalan komposit harus memenuhi persyaratan ketebalan pada sektor aspal karena memang mampu memberi manfaat dalam mencegah terjadinya retak refleksi pada saat proses perkerasan beton di lapisan bawah. Meskipun dari segi prosesnya terbilang rumit karena menggabungkan unsur lapisan kaku dan lunak, tetapi pada hasil akhirnya dapat dikatakan sempurna.
2. Biaya perawatan lebih efisien berikutnya ada keunggulan dari tipe

komposit yakni dari proses perawatan tidak mengeluarkan biaya besar. Tidak hanya itu, jangka waktu perawatan juga lebih panjang dibandingkan memakai perkerasan aspal. Kombinasi antara lapisan kaku dan lunak menjadi keunggulan pada tipe komposit, sehingga dari segi efisiensi biaya bisa tercapai.

3. Kekuatan konstruksi lebih awet tipe perkerasan jalan komposit dinilai lebih kuat bahkan mampu menghadirkan banyak keunggulan dibandingkan tipe aspal. Bahan komposit menjadi perpaduan antara lapisan lentur dan kaku, sehingga pada saat diaplikasikan semua beban kendaraan akan tersebar lebih merata sehingga keawetannya lebih lama. Meskipun pada lapisan aspal masih rentan terhadap genangan air tetapi dari sektor keawetannya bisa lebih baik karena ada lapisan kaku berupasemendanbeton.

4. Memberi kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan ketika konstruksi jalan raya terlihat kuat dan kokoh maka pengguna jalan lebih nyaman saat melintas. Tidak hanya itu, kekuatan jalan raya juga memberi keamanan bagi pengguna jalan terutama saat kondisi jalan terasa terlihat licin karena genangan air. Struktur jalan lebih kuat dan tahan lama membuat pengguna jalan merasa lebih nyaman sehingga tipe komposit banyak dimanfaatkan untuk jalan-jalan nasional ataupun jalan kabupaten.

2.2.4 Perkerasan Paving Block

Blok Beton atau yang lebih sering dikenal dengan istilah *paving block* adalah beton pracetak hasil pabrikasi dengan ukuran tertentu yang digunakan sebagai bahan penutup lapisan perkerasan seperti jalan, tempat parkir, trotoar, taman, dan lain lain.

Sedangkan Menurut SNI 03-2403-1991, *Paving block* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu pada beton itu.

a. Klasifikasi berdasarkan kekuatan dan kegunaannya:

Ada beberapa jenis paving block berdasarkan kekuatan dan penerapannya masing-masing berdasarkan SNI 03-0691-1996.

Tabel 2.8 Kekuatan Fisik paving block

| Mutu | Kegunaan | Kuat Tekan (Kg/cm² = 10 MPa) | Ketahanan Aus (mm/menit) | Penyerapan air rata-rata maks (%) |
|-------------|---------------------|--|---|--|
| A | Perkerasan Jalan | 400 | 350 | 0,0090 |
| B | Tempat Parkir Mobil | 200 | 170 | 0,1300 |
| C | Pejalan Kaki | 150 | 125 | 0,1600 |
| D | Taman Kota | 100 | 85 | 0,2190 |

Sumber : <https://sanpaving.wordpress.com/paving-block-atau-conblock-pengertian-jenis-dan-klasifikasi/>

Dari tabel standart SNI 03-0691-1996 di atas, paving block diklasifikasikan berdasarkan kegunaannya menjadi :

Mutu A : untuk perkerasan jalan

Mutu B : untuk tempat parkir mobil

Mutu C : untuk pejalan kaki

Mutu D : untuk taman kota

Paving block kelas C dan D biasanya diproduksi secara manual biasanya digunakan untuk fungsi non struktural seperti taman dan pemakaian lainnya yang tidak untuk menahan beban di atasnya sedangkan bila pengerjaannya menggunakan mesin press akan menghasilkan mutu kelas C hingga A dengan kekuatan tekan di atas 125 kg/cm^2 tergantung perbandingan campuran bahan yang digunakan.

b. Klasifikasi Berdasarkan Cara Pembuatan

1. Paving block press manual/ menggunakan tangan

Jenis ini menggunakan tangan dalam proses pembuatannya.

- Nilai jual yang rendah, karena bermutu rendah
- Jenis beton kelas D (K50 – K100)
- Pemakaian untuk perkerasan non struktural seperti taman, trotoar jalan, halaman rumah yang jarang dibebani mobil serta untuk lingkungan berdaya beban rendah.

2. Paving block press mesin vibrasi / getar

Jenis ini diproduksi menggunakan mesin press sistem getar

- Umumnya memiliki mutu beton kelas C-B (K150 – K250)
- Pemakaian untuk pelataran garasi, carport, lahan parkir.

3. Paving block press mesin hidrolik

Jenis ini diproduksi dengan cara dipress menggunakan mesin press hidrolik.

- Umumnya memiliki mutu beton kelas B – A (K300 – K 450)
- Pemakaian untuk menahan beban berat seperti area jalan lingkungan, terminal bus hingga lahan pelataran terminal peti kemas di pelabuhan.

c. Klasifikasi Berdasarkan Bentuk

Berdasarkan bentuknya, paving block dibagi menjadi dua:

1. Paving block berbentuk segi empat
2. Paving block berbentuk segi banyak yang terdiri dari hexagon (segi enam), cacing, grassblock (untuk rumput), kansteen, topi uskup, antik dan trihek.

d. Klasifikasi Berdasarkan Ketebalan

Berdasarkan SNI, ketebalan paving block dibagi menjadi tiga:

1. Ketebalan 60 mm untuk beban lalu lintas ringan
2. Ketebalan 80 mm untuk beban lalu lintas sedang sampai berat
3. Ketebalan 100 mm untuk beban lalu lintas super berat.

e. Klasifikasi Berdasarkan Warna

Paving block yang ada di pasaran sekarang terdiri dari abu-abu (natural), hitam, merah, kuning dan hijau. Paving block berwarna selain berfungsi menambah keindahan juga bisa untuk memberi batas pada perkerasan seperti pada lahan parkir, tali air, dan lain-lain.

2.3 Syarat-syarat Perencanaan Perkerasan

Untuk memenuhi kondisi aman dan nyaman konstruksi perkerasan harus memenuhi persyaratan yang dibagi dalam 2 kelompok, seperti berikut ini:

2.3.1 Syarat Lalu Lintas

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk kondisi perkerasan jalan agar aman dan nyaman dalam berlalu lintas adalah sebagai berikut:

- ✓ Struktur permukaan yang rata (tidak bergelombang), tidak melendut dan tidak berlubang.

- ✓ Kondisi permukaan cukup kaku, sehingga bentuk permukaan cenderung tetap (tidak mudah berubah).
- ✓ Permukaan memiliki kekasatan yang cukup, sehingga memberikan gesekan yang cukup baik antara ban dan permukaan jalan (tidak licin).
- ✓ Permukaan yang tidak mengkilap, sehingga tidak menyilaukan bila terkena sinar matahari.

2.3.2 Syarat Struktural

Jika ditinjau dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, maka syarat-syarat yang harus dipenuhi adalah:

- Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan dibawahnya.
- Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air tidak menggenang di atasnya dan dapat cepat dialirkan.
- Memiliki kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

2.4 Perbandingan Tebal Perencanaan Perkerasan

2.4.1 Parameter Perencanaan Perkerasan lentur

1. Lalu Lintas

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 memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2.9 Jumlah Lajur Lebar Perkerasan

| Lebar Perkerasan (L) | Jumlah Lajur (n) |
|------------------------------------|-------------------------|
| $L < 5,50$ m | 1 jalur |
| $5,50 \text{ m} \leq L < 8,25$ m | 2 jalur |
| $8,25 \text{ m} \leq L < 11,25$ m | 3 jalur |
| $11,25 \text{ m} \leq L < 15,00$ m | 4 jalur |
| $15,00 \text{ m} \leq L < 18,75$ m | 5 jalur |
| $18,75 \text{ m} \leq L < 22,00$ m | 6 jalur |

Sumber : SKBI 2.3.26 1987

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2.10 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

| Jumlah Lajur | Kendaraan Ringan*) | | Kendaraan Berat**) | |
|---------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| | 1 arah | 2 arah | 1 arah | 2 arah |
| 1 lajur | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,000 |
| 2 lajur | 0,60 | 0,50 | 0,70 | 0,500 |
| 3 lajur | 0,40 | 0,40 | 0,50 | 0,475 |
| 4 lajur | - | 0,30 | - | 0,450 |
| 5 lajur | - | 0,25 | - | 0,425 |
| 6 lajur | - | 0,20 | - | 0,400 |

Sumber: SKBI 1987

*) berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil

***) berat total > 5 ton, misalnya, bus, truk, traktor, semi trailler, trailler.

2. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

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

Tabel 2.11 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 |
| 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 : Pedoman Perencanaan Jalan Pekerjaan Umum 1989

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

- Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan di tentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.
- Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)
- Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)
- Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus sebagai berikut: $LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA)$
- Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut: $LER = LET \times FP$
Faktor penyesuaian (FP) tersebut di atas ditentukan dengan Rumus: $FP = UR/10$.

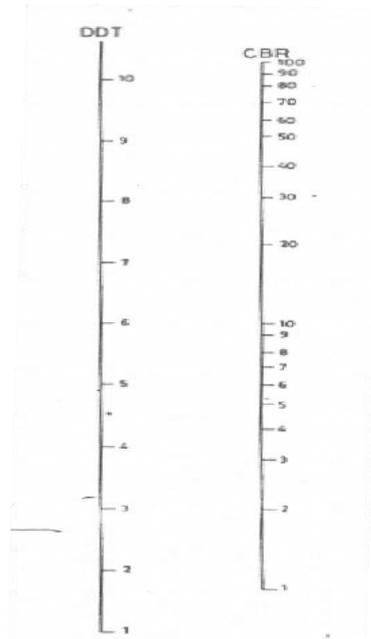
3. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi (gambar 1). Yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium.

Jika digunakan CBR lapangan maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung (*undisturb*), kemudian direndam dan diperiksa harga CBR-nya. Dapat juga mengukur langsung di lapangan (musim hujan/direndam). CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*). Jika dilakukan menurut Pengujian Kepadatan Ringan (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.43 (02) atau Pengujian Kepadatan Berat (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.53 (02) sesuai dengan kebutuhan. CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru. Sementara ini dianjurkan untuk mendasarkan daya dukung tanah dasar hanya kepada pengukuran nilai CBR. Cara-cara lain hanya digunakan bila telah disertai data-data yang dapat dipertanggungjawabkan. Cara-cara lain tersebut dapat berupa : Group Index, Plate Bearing Test atau R-value. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut:

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

- e. Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90% (lihat perhitungan pd contoh lampiran 2).



Gambar 2.4 Korelasi DDT dan CBR

4. Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut:

Tabel 2.12 Faktor Regional (FR)

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

Sumber : SKBI 1987

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

5. Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini:

IP = 1,0 : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

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

IP = 2,0: adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap

IP = 2,5: adalah menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil baik

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2.13 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 : SKBI

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

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

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut daftar VI di bawah ini:

Tabel 2.14

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 |
| BURDA | 3,4 – 3,0 | > 2000 |
| | 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 | $\leq 2,4$ | |

Sumber : Pedoman Perencanaan Jalan Pekerjaan Umum, 1987

*) Alat pengukur roughness yang dipakai adalah roughometer NAASRA, yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 station wagon, dengan kecepatan kendaraan ± 32 km per jam. Gerakan sumbu belakang dalam arah vertikal dipindahkan pada alat roughometer melalui kabel

yang dipasang ditengah-tengah sumbu belakang kendaraan, yang selanjutnya dipindahkan kepada counter melalui "flexible drive". Setiap putaran counter adalah sama dengan 15,2 mm gerakan vertikal antara sumbu belakang dan body kendaraan. Alat pengukur roughness type lain dapat digunakan dengan mengkalibrasikan hasil yang diperoleh terhadap roughometer NAASRA.

6. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

Jika alat Marshall Test tidak tersedia, maka kekuatan (stabilitas) bahan beraspal bisa diukur dengan cara lain seperti Hveem Test, Hubbard Field, dan Smith Triaxia.

Tabel 2.15 Koefisien Kekuatan Relatif

| 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 | - | - | |
| 0,31 | - | - | 590 | - | - | |
| 0,28 | - | - | 454 | - | - | Lasbutag |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,30 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | HRA |
| 0,25 | - | - | - | - | - | Aspal macadam |
| 0,20 | - | - | - | - | - | Lapen (mekanis) |
| - | 0,28 | - | 590 | - | - | Lapen (manual) |
| - | 0,26 | - | 454 | - | - | Laston Atas |
| - | 0,24 | - | 340 | - | - | |
| - | 0,23 | - | - | - | - | |

| | | | | | | |
|---|------|------|---|----|-----|--------------------------|
| - | 0,19 | - | - | - | - | - |
| - | 0,15 | - | - | 22 | - | Lapen (mekanis) |
| - | 0,13 | - | - | 18 | - | Lapen (manual) |
| - | 0,15 | - | - | 22 | - | - |
| - | 0,13 | - | - | 18 | - | Stab. Tanah dengan semen |
| - | 0,14 | - | - | - | 100 | - |
| - | 0,13 | - | - | - | 80 | Stab. Tanah dengan kapur |
| - | 0,12 | - | - | - | 60 | - |
| - | - | 0,13 | - | - | 70 | Batu pecah (kelas A) |
| - | - | 0,12 | - | - | 50 | Batu pecah (kelas B) |
| - | - | 0,11 | - | - | 30 | Batu pecah (kelas C) |
| - | - | 0,10 | - | - | 20 | Sirtu/pitrun (kelas A) |
| | | | | | | Sirtu/pitrun (kelas B) |
| | | | | | | Sirtu/pitrun (kelas C) |
| | | | | | | Tanah/lempung kepasiran |

Sumber : Bina Marga 1987

Catatan: Kuat tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7. Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21

7. Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan.

Tabel 2.16

Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

1. Lapis Permukaan:

| 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 |

2. Lapis Pondasi:

| ITP | Tebal Minimum (cm) | Bahan |
|-------------|--------------------|---|
| < 3,00 | 15 | Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur |
| 3,00 – 7,49 | 20*) | 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 |

3. Lapis Pondasi Bawah:

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

Sumber : *Pekerjaan Umum, 2003*

8. Pelapisan Tambahan

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*) dinilai sesuai daftar di bawah ini:

Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

1. Lapis Permukaan :

Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda..... 90 – 100%

Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih

tetap stabil 70 – 90%

Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan

kestabilan..... 50 – 70%

Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan gejala

ketidakstabilan 30 – 50%

2. Lapis Pondasi:

a. Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam

Umumnya tidak retak 90 – 100%

Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil 70 – 90%

Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan ..50 – 70% Retak banyak,

menunjukkan gejala ketidakstabilan30 – 50%

b. Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur :

Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) \leq 10 70 – 100%

c. Pondasi Macadam atau Batu Pecah :

Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) \leq 6 80 – 100%

3. Lapis Pondasi Bawah :

Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 6 90 – 100%

Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) > 6 70 – 90%

9. Konstruksi Bertahap

Konstruksi bertahap digunakan pada keadaan tertentu, antara lain:

1. Keterbatasan biaya untuk pembuatan tebal perkerasan sesuai, rencana (misalnya:20 tahun). Perkerasan dapat direncanakan dalam dua tahap, misalnya tahap pertama untuk 5 tahun, dan tahap berikutnya untuk 15 tahun.
2. Kesulitan dalam memperkirakan perkembangan lalu lintas untuk (misalnya : 20 sampai 25 tahun). Dengan adanya pentahapan, perkiraan lalu lintas diharapkan tidak jauh meleset.
3. Kerusakan setempat (*weak spots*) selama tahap pertama dapat diperbaiki dan direncanakan kembali sesuai data lalu lintas yang ada.

2.4.2 Parameter Perencanaan Perkerasan Kaku

1. Tingkat pelayanan jalan

Suatu kondisi jalan yang menggambarkan tingkat pelayanan intensitas lalu lintas yang akan direncanakan dengan melihat rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas jalan dan dipergunakan sebagai indikator tingkat kinerja dari suatu ruas jalan yang biasa disebut derajat kejenuhan (DS). Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Semakin besar DS akan menunjukkan kinerja jalan yang jelek. Untuk mendapatkan derajat kejenuhan digunakan rumus :

$$DS = \frac{VOLUME\ LALU\ LINTAS}{KAPASITAS} = \frac{QS}{C}$$

Menurut tingkat pelayanan jalan dibagi menjadi 6 keadaan yaitu:

- a) Tingkat pelayanan A, dengan kondisi :
- Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan.
 - Volume dan kepadatan lalu lintas rendah.
 - Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
- b) Tingkat pelayanan B, dengan kondisi :
- Arus lalu lintas stabil.
 - Kecepatan mulai dipengaruhi oleh lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
- c) Tingkat pelayanan C, dengan kondisi :
- Arus lalu lintas stabil.
 - Kecepatan mulai dipengaruhi oleh volume lalu lintas sehingga tidak dapat dipilih lagi oleh pengemudi.
- d) Tingkat pelayanan D, dengan kondisi :
- Arus lalu lintas mulai tidak stabil.
 - Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan.
- e) Tingkat pelayanan E, dengan kondisi :
- Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
 - Volume kira-kira sama dengan kapasitas.
 - Sering terjadi kemacetan.
- f) Tingkat pelayanan F, dengan kondisi :
- Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah.
 - Sering terjadi kemacetan.

Tabel 2.17 Kondisi arus dalam nilai derajat kejenuhan

| Tingkat pelayanan | Derajat kejenuhan |
|-------------------|-------------------|
| A | < 0,03 |
| B | 0,10 – 0,50 |
| C | 0,50 – 0,70 |
| D | 0,70 – 0,90 |
| E | 0,90 – 1 |
| F | > 1 |

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

2. Penentuan lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas dalam satu hari. LHR digunakan sebagai volume jam perencanaan, yaitu volume yang digunakan untuk perencanaan teknik jalan. Lalu lintas rencana harus dianalisa berdasarkan atau hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu berdasarkan data terakhir (< 2 tahun terakhir).

Besarnya volume jam perencanaan ditentukan dengan rumus :

$$VJP = LHRT \times K$$

Dimana : VJP = Volume Jam Perencanaan (smp/jam).

K = Faktor K, faktor volume lalu lintas jam tersibuk dalam setahun.

Untuk jalan antar kota disesuaikan dengan besarnya VLHR seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.18 Penentuan faktor-K berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata.

| VLHR | Faktor lintas K (%) |
|---------------|---------------------|
| > 50.000 | 4 – 6 |
| 30.000-50.000 | 6 – 8 |
| 10.000-30.000 | 6 -8 |
| 5.000-10.000 | 8 – 15 |
| 1.000-5.000 | 10 – 16 |
| < 1.000 | 12 – 16 |

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Ditjen Bina Marga, 1997*

3. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan (n tahun) ditentukan atas dasar pertimbangan-pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan. Pada proyek perencanaan jalan Wonosobo kecamatan Kajajaran umur rencana yang direncanakan ialah 20 tahun sesuai dengan umur minimal pada perkerasan kaku.

4. Kapasitas jalan

Kapasitas jalan adalah kemampuan suatu jalan yang menerima beban lalu lintas atau jumlah kendaraan maksimum yang melewati suatu penampang melintang jalan pada jalur jalan sesama satu jam dengan kondisi serta arus tertentu. Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp).

Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \dots\dots\dots$$

Dimana :

C = kapasitas sesungguhnya (smp/jam).

C_o = kapasitas dasar untuk kondisi tertentu/ideal (smp/jam).

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalan.

FC_{sp} = faktor penyesuaian pemisah arah.

FC_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan.

FCcs = faktor penyesuaian ukuran kota, ukuran jumlah penduduk kota tersebut.

5. Tanah dasar

Parameter yang paling umum digunakan untuk menyatakan daya dukung tanah dasar pada perkerasan kaku adalah modulus reaksi tanah dasar (k). Nilai k dapat juga ditentukan berdasarkan nilai cbr dengan cara menentukannya lewat grafik hubungan antara CBR tanah dengan k. Nilai modulus reaksi tanah (k) minimum 2kg/cm^3 .

B. Penentuan besaran rencana Perkerasan

1. Umur rencana

Perkerasan kaku umumnya direncanakan dengan umur rencana (n) 20 tahun sampai 40 tahun.

2. Lalu lintas rencana

Lalu lintas harus dianalisa berdasarkan atau hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu berdasarkan data terakhir (≤ 2 tahun terakhir). Untuk keperluan perkerasan kaku, hanya kendaraan niaga yang mempunyai berat total minimum 5 ton yang ditinjau dengan kemungkinan 3 konfigurasi sumbu sebagai berikut:

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT), misalnya: mobil penumpang.
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG), misalnya: bus.
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG), misalnya: truk 3as dan truk gandeng.

3. Kecepatan rencana

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh, biasanya dinyatakan dalam km/jam. Kecepatan rencana, VR, pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar

perencanaan jalan raya yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana adalah keadaan terrain apakah datar, berbukit atau gunung. Untuk menghemat biaya tentu saja perencanaan jalan sepantasnya disesuaikan dengan keadaan medan. Suatu jalan yang ada di daerah datar tentu saja memiliki design speed yang lebih tinggi dibandingkan pada daerah pegunungan atau daerah perbukitan. Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam (*Bina marga 1997*).

Tabel 2.19

Kecepatan Rencana, V_R , sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan jalan

| Fungsi | Kecepatan Rencana, V_R (km/jam) | | |
|----------|-----------------------------------|---------|------------|
| | Datar | Bukit | Pegunungan |
| Arteri | 70 – 120 | 60 – 80 | 40 – 70 |
| Kolektor | 60 – 90 | 50 – 60 | 30 – 50 |
| Lokal | 40 – 70 | 30 – 50 | 20 – 30 |

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Ditjen Bina Marga, 1997*

4. Penentuan tebal plat beton

- a) Menghitung jumlah kendaraan niaga harian (JKNH) pada tahun pembukaan perencanaan proyek.
- b) Menghitung jumlah kendaraan niaga (JKN) selama umur rencana (n tahun) dengan persamaan:

$$JKN = 365 \times JKNH \times R \dots\dots\dots$$

Dimana: JKNH = jumlah kendaraan niaga harian pada saat jalan dibuka.

R = faktor pertumbuhan lalu lintas yang besarnya tergantung pada faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan umur rencana (n). dimana nilai R dihitung melalui persamaan:

$$R = \frac{1+i^N-1}{i}$$

Dimana: *i* = faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan dalam persen (%).

n = umur rencana.

- c. Menghitung jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH), kemudian mengitung jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana dengan rumus :

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R \dots\dots\dots$$

- d. Menghitung persentase masing-masing beban sumbu dan jumlah repetisi yang akan terjadi selama umur rencana dengan rumus:

$$\text{Presentase Beban Sumbu} = \frac{\text{jumlah sumbu yang ditinjau}}{JSKNH}$$

Repetisi kumulatif tiap sumbu = JKN x persentase jumlah sumbu x koef. distribusi jalur

Tabel 2.20 Koefisien distribusi jalur

| Jumlah jalur | Kendaraan niaga | |
|--------------|-----------------|--------|
| | 1 Arah | 2 Arah |
| 1 jalur | 1 | 1 |
| 2 jalur | 0,70 | 0,50 |
| 3 jalur | 0,50 | 0,475 |
| 4 jalur | - | 0,45 |
| 5 jalur | - | 0,425 |
| 6 jalur | - | 0,40 |

Sumber: Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen), Departemen Pekerjaan Umum, 2003

- a) Sebagai besarnya beban sumbu rencana dihitung dengan cara mengalikan beban sumbu yang ditinjau dengan Faktor Keamanan (FK).

- b) Menentukan perbandingan antara tegangan.
- c) Berdasarkan perbandingan tegangan tersebut, kemudian dari
Dengan besaran-besaran beban sumbu, k dan tebal plat yang sudah diketahui (ditaksir), besarnya tegangan yang terjadi bisa didapat dari nomogram yang ada pada gambar.
- d) Mengitung persentase lelah (*fatigue*) untuk setiap konfigurasi beban sumbu dapat dihitung dengan cara:
$$\text{Presentase fatigue} = \frac{\text{repetisi beban yang akan terjadi}}{\text{repetisi beban yang akan diijinkan}}$$
- e) Total *fatigue* dihitung dengan cara menjumlahkan besarnya persentase *fatigue* dari seluruh konfigurasi beban sumbu.
- f) Langkah-langkah yang sama (a sampai j) diulang untuk tebal plat beton lainnya yang dipilih/ditaksir.
- g) Tebal plat beton yang dipilih/ditaksir dinyatakan sudah benar/cocok apabila total *fatigue* yang didapat besarnya lebih kecil atau sama dengan 100%.

5. Rencana penulangan jalan beton

Besi tulangan yang dipakai dalam perkerasan kaku mempunyai fungsi utama yaitu:

- 1) Membatasi lebar retakan, agar kekuatan plat tetap dipertahankan.
- 2) Memperhatikan penggunaan plat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.
- 3) Mengurangi pengaruh kembang susut karena perubahan suhu.
- 4) Mengurangi biaya pemeliharaan.

Besi tulangan yang dipakai harus lebih bersih dari oli, kotoran, karat dan

pengelupasan. Tulangan harus dipasang sebelum pembetonan dengan diberi penyangga yang ditahan pada letak yang diinginkan.

6. Rencana tulangan melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan:

$$A_s = \frac{1200 \times (f_l h)}{f_s}$$

Dimana : A_s = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat).

F = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi dibawahnya. (lihat tabel 2.14.)

L = jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m).

h = tebal plat (m).

f_s = kuat tarik ijin tulangan (Mpa) (± 230 Mpa).

7. Perencanaan tulangan memanjang

Tulangan dihitung dari persamaan berikut:

$$P_s = \frac{1000 f_t}{(f_y - n \cdot f_t)} (1,3 - 0,2 f)$$

Dimana : P_s = persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton (%).

f_t = kuat tarik beton (0,4 – 0,5 MR).

f_y = tegangan kekuatan baja.

n = angka ekuivalensi antara baja dan beton

F = koefisien gesekan antara plat beton dengan lapisan dibawahnya

E_s = modulus elastisitas baja (20000 kg/cm²).

E_c = modulus elastisitas beton 1400

Tabel 2.20. koefisien gesekan antara plat beton dengan lapis pondasi bawah

| No. | Jenis pondasi | Faktor gesekan (F) |
|-----|-------------------------------------|--------------------|
| 1. | Burtu, Lapen dan konstruksi sejenis | 2,2 |
| 2. | Aspal beton, lataston | 1,8 |
| 3. | Stabilisasi kapur | 1,8 |
| 4. | Stabilisasi aspal | 1,8 |
| 5. | Stabilisasi semen | 1,8 |
| 6. | Koral | 1,5 |
| 7. | Batu pecah | 1,5 |
| 8. | Sirtu | 1,2 |
| 9. | Tanah | 0,9 |

Sumber: Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen), Departemen Pekerjaan Umum, 2003

2.5 Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi untuk menjawab, “Berapa besar dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan?”. Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. Ketidaktepatan yang terjadi dalam penyediaannya akan berakibat kurang baik pada pihak-pihak yang terlibat didalamnya (Ervianto, 2005).

Untuk menentukan besarnya biaya yang diperlukan terlebih dahulu harus diketahui volume dari pekerjaan yang direncanakan. Pada umumnya pembuat jalan tidak lepas dari masalah galian maupun timbunan. Besarnya galian dan timbunan yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar *long profile*. Sedangkan volume galian dapat dilihat melalui gambar *Cross Section*.