

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Instansi	Ringkasan
1	Dendi Putra Aditya	Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Pada Pelebaran Jalan Bangkalan-Pelabuhan Tanjung Bumi	Universitas Narotama	Menganalisis perbandingan perencanaan perkerasan lentur dengan perkerasan kaku menggunakan metode BINA MARGA pada pelebaran jalan BANGKALAN-PELABUHAN TANJUNG BUMI
2	Nashrul Fattah	Perencanaan Ulang Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) Studi Kasus Ruas Jalan Bts. Kota Jombang – Bts. Kab. Mojokerto Km. Sby 74+000 – Km. Sby 75+500	Universitas Narotama	Menghitung perencanaan perkerasan kaku menggunakan metode BINA MARGA pada ruas jalan bts. Kota Jombang – bts. Kab. Mojokerto km. Sby 74+000 – km. Sby 75+500
3	Dimas Adi Wibisono	Perbandingan Antara Konstruksi Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Pada Proyek Pembangunan Ruas Jalan Kapten Darmo Sugiono Gresik	Universitas Narotama	Menganalisis perbandingan konstruksi perkerasan lentur dengan perkerasan kaku menggunakan metode BINA MARGA pada proyek pembangunan ruas jalan Kapten Darmo Sugiono Gresik

4	Adhita Maharani	“Perbandingan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur” (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pantai Prigi-Popoh Kab. Tulungagung)	Universitas Narotama	“Perbandingan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur” (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pantai Prigi-Popoh Kab. Tulungagung)
5	Yonandika Pandu Putranto Achmad Miraj Ridwansyah	Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku ( <i>Rigid pavement</i> ) pada ruas jalan tol Karanganyar-Solo	Universitas Brawijaya	Menghitung tebal perkerasan kaku menggunakan metode Pd. T-14-2003
6	Eusebius Cerino Beka	Perbandingan Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku Terhadap Beban Operasional Lalu Lintas Dengan Metode Bina Marga Pada Ruas Jalan Sampang-Pamekasan (Sta.84+000-97+000)	Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur	Menghitung tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku ditinjau dari beban operasional menggunakan metode BINA MARGA, Menghitung perbandingan biaya pelaksanaan dan pemeliharaan dengan umur rencana 20 tahun
7	Oky Listyaningrum	Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisis Komponen Skbi 1987 Dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Serta Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Dan Time Schedule (Studi Kasus Pada Ruas Jalan Sentolo-Pengasih-Waduk Sermo Sta. 8 + 500 Sampai Sta. 10 + 500, Kulon Progo, Yogyakarta)	Universitas Muhamadiyah Yogyakarta	Menganalisis perbandingan tebal lapis perkerasan jalan dengan metode Analisis Komponen Skbi 1987 Dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Serta Perhitungan Rencana Anggaran Biaya dan Time Schedule (Studi Kasus Pada Ruas Jalan Sentolo- Pengasih- Waduk Sermo Sta. 8 + 500 Sampai Sta. 10 + 500 , Kulon Progo , Yogyakarta)

8	Muhammad Yodi Aryangga	Perbandingan Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku Serta Analisa Ekonominya Pada Proyek Jalan Sindang Barang-Ciadun, Cianjur	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Menganalisis perbandingan perkerasan lentur dengan perkerasan kaku beserta analisis ekonominya menggunakan metode BINA MARGA pada proyek jalan Sindang Barang-Cidaun, Cianjur
9	Lutfi Ana Sahrianto	Analisa Perbandingan Konstruksi Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau Dari Metode Pelaksanaan Dan Biaya Studi Kasus Pekerjaan Peningkatan Struktur Jalan Mantingan-Ngawi	Universitas Muhammadiyah Surakarta	Menganalisis perbandingan konstruksi jalan perkerasan lentur dengan perkerasan kaku ditinjau dari metode pelaksanaan dan biaya menggunakan metode AASHTO pada jalan Mantingan-Ngawi
10	Arnis	Perancangan Konstruksi Perkerasan Kaku Ruas Jalan Lubuk Begalung-Indarung (Km. PDG Km. PDG) di Kota Padang Provinsi Sumatera Barat	Politeknik Negeri Bandung	Menghitung perencanaan konstruksi jalan perkerasan kaku menggunakan metodek Pd. T-14-2003 padan ruas jalan Lubuk-Begalung-Indarung

Sumber: Hasil Studi Pustaka

## 2.2 Umum

Sejarah pekerasan jalan dimulai bersamaan dengan sejarah umat manusia itu sendiri yang selalu berhasrat untuk mencari kebutuhan hidup dan berkomunikasi dengan sesama. Dengan demikian perkembangan jalan saling berkaitan dengan perkembangan umat manusia. Perkembangan teknik jalan seiring dengan berkembangnya teknologi yang ditemukan umat manusia (Sukirman S,1992).

Pada awalnya jalan hanyalah berupa jejak manusia yang mencari kebutuhan hidup ataupun sumber air. Setelah manusia mulai hidup berkelompok jejak-jejak itu berubah menjadi jalan setapak. Dengan mulai diperguakannya hewan-hewan sebagai alat transportasi, jalan mulai dibuat rata. Jalan yang diperkeras pertama kali ditemukan di Mesopotamia berkaitan dengan ditemukannya roda sekitar 3500 tahun sebelum masehi (Sukirman S, 1992)

John Louden Mac Adam (1756-1836), orang Skotlandia memperkenalkan konstruksi perkerasan yang terdiri dari batu pecah atau batu kali, pori-pori di atasnya ditutup dengan batu yang lebih kecil/halus. Jenis perkerasan ini terkenal dengan nama Perkerasan Macadam. Untuk memberikan lapisan yang kedap air, maka di atas lapisan makadam diberi lapisan aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan ditaburi pasir kasar.

Pierre Marie Jerome Tresaguet (1716-1834), dari Perancis mengembangkan sistim lapisan batu pecah yang dilengkapi dengan drainase, kemiringan melintang serta mulai menggunakan pondasi dari batu.



Thomas Telford (1757-1834), dari Skotlandia membangun jalan mirip dengan apa yang dilaksanakan Tresaguet. Konstruksi perkerasannya terdiri dari batu pecah berukuran 15/20 sampai dengan 25/30 yang disusun tegak. Batu-batu kecil diletakkan di atasnya untuk menutup pori-pori yang ada dan memberikan permukaan yang rata. Sistem ini terkenal dengan nama sistem Telford. Jalan-jalan di Indonesia yang dibuat pada zaman dahulu sebagian besar merupakan sistem jalan Telford, walaupun di atasnya telah diberikan lapisan aus dengan pengikat aspal.

Hingga saat ini ada 3 jenis konstruksi perkerasan jalan yaitu konstruksi perkerasan lentur, konstruksi perkerasan kaku dan konstruksi perkerasan komposit. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (Sukirman S, 1992). Perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton (Sukirman S, 1992). Perkerasan komposit (*composit pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur (Sukirman S, 1992).

## **2.3 Analisis Kapasitas Jalan**

Analisis kapasitas yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan data sekunder berupa hasil pengamatan yang pernah dilakukan, sehingga data lalu lintas yang dibutuhkan sudah tersedia. Data yang didapat kemudian diolah untuk mengetahui beban operasional jalan.

## **2.4 Klasifikasi Jalan**

### **2.4.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi Jalan**

Sesuai Undang-Undang tentang jalan, No. 13 tahun 1980 dan Peraturan Pemerintah No.26 tahun 1985, sistim jaringan jalan di Indonesai dapat dibedakan atas sistim jaringan jalan primer dan sistim jaringan jalan sekunder. Berdasarkan fungsinya, maka jalan dibedakan menjadi beberapa fungsi, yaitu:

#### **a. Jalan Arteri**

1. Arteri Primer: Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antarpusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60 km per jam, lebar badan jalan minimal 11 meter, lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal dan kegiatan lokal, jumlah jalan masuk ke jalan arteri primer dibatasi, serta tidak boleh terputus di kawasan perkotaan.

2. Arteri Sekunder: Jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 30 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 11 meter, dan lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.

**b. Jalan Kolektor**

1. Kolektor Primer: Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal. Didesain berdasarkan berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 9 meter, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
2. Kolektor Sekunder: Jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 9 meter, dan lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.

**c. Jalan Lokal**

1. Lokal Primer: Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan

lingkungan. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 7,5 meter, dan tidak boleh terputus di kawasan perdesaan.

2. Lokal Sekunder: Jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 7,5 meter.

**d. Jalan Lingkungan**

1. Lingkungan Primer: Jalan yang menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 15 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 6,5 meter untuk jalan yang diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda 3 atau lebih. Sedangkan jalan yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan minimal 3,5 meter.
2. Lingkungan Sekunder: Jalan yang menghubungkan antar persil dalam kawasan perkotaan. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 6,5 meter untuk jalan yang diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda 3 atau lebih. Sedangkan jalan yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan minimal 3,5 meter.

Lebar badan jalan paling sedikit 3,5 meter ini dimaksudkan agar lebar jalur lalu lintas dapat mencapai 3 meter, dengan demikian pada keadaan darurat dapat dilewati mobil dan kendaraan khusus lainnya seperti pemadam kebakaran, ambulans, dan sebagainya.

#### **2.4.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Status Penyelenggara Jalan**

Berdasarkan status penyelenggara, maka jalan umum dikelompokkan sebagai berikut:

##### **1. Jalan Nasional**

Jalan Nasional terdiri dari:

- a. Jalan Arteri Primer
- b. Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi
- c. Jalan Tol
- d. Jalan Strategis Nasional

Penyelenggaraan Jalan Nasional merupakan kewenangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, yaitu di Direktorat Jenderal Bina Marga yang dalam pelaksanaan tugas penyelenggaraan jalan nasional dibentuk Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional sesuai dengan wilayah kerjanya masing-masing.

##### **2. Jalan Provinsi**

Penyelenggaraan Jalan Provinsi merupakan kewenangan Pemerintah Provinsi. Jalan Provinsi terdiri dari:

- a. Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota

- b. Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota
- c. Jalan Strategis Provinsi
- d. Jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta.

Ruas-ruas jalan provinsi ditetapkan oleh Gubernur dengan Surat Keputusan (SK) Gubernur.

### 3. Jalan Kabupaten

Penyelenggaraan Jalan Kabupaten merupakan kewenangan Pemerintah Kabupaten. Jalan Kabupaten terdiri dari:

- a. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi.
- b. Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa.
- c. Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota.
- d. Jalan strategis kabupaten.

Ruas-ruas jalan kabupaten ditetapkan oleh Bupati dengan Surat Keputusan (SK) Bupati.

### 4. Jalan Kota

Jalan Kota adalah jalan umum pada jaringan jalan sekunder di dalam kota, merupakan kewenangan Pemerintah Kota. Ruas-ruas jalan kota ditetapkan oleh Walikota dengan Surat Keputusan (SK) Walikota

## 5. Jalan Desa

Jalan Desa adalah jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten di dalam kawasan perdesaan, dan merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa.

### 2.4.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Muatan Sumbu

Berdasarkan status penyelenggara, maka jalan umum dikelompokkan sebagai berikut:

#### a. Jalan Kelas I

Jalan Kelas I adalah jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 ton.

#### b. Jalan Kelas II

Jalan Kelas II adalah jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

#### c. Jalan Kelas III

Jalan Kelas III adalah jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 meter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton.



Dalam keadaan tertentu daya dukung Jalan Kelas III dapat ditetapkan muatan sumbu terberat kurang dari 8 ton.

d. Jalan Kelas Khusus

Jalan Kelas Khusus adalah jalan arteri yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

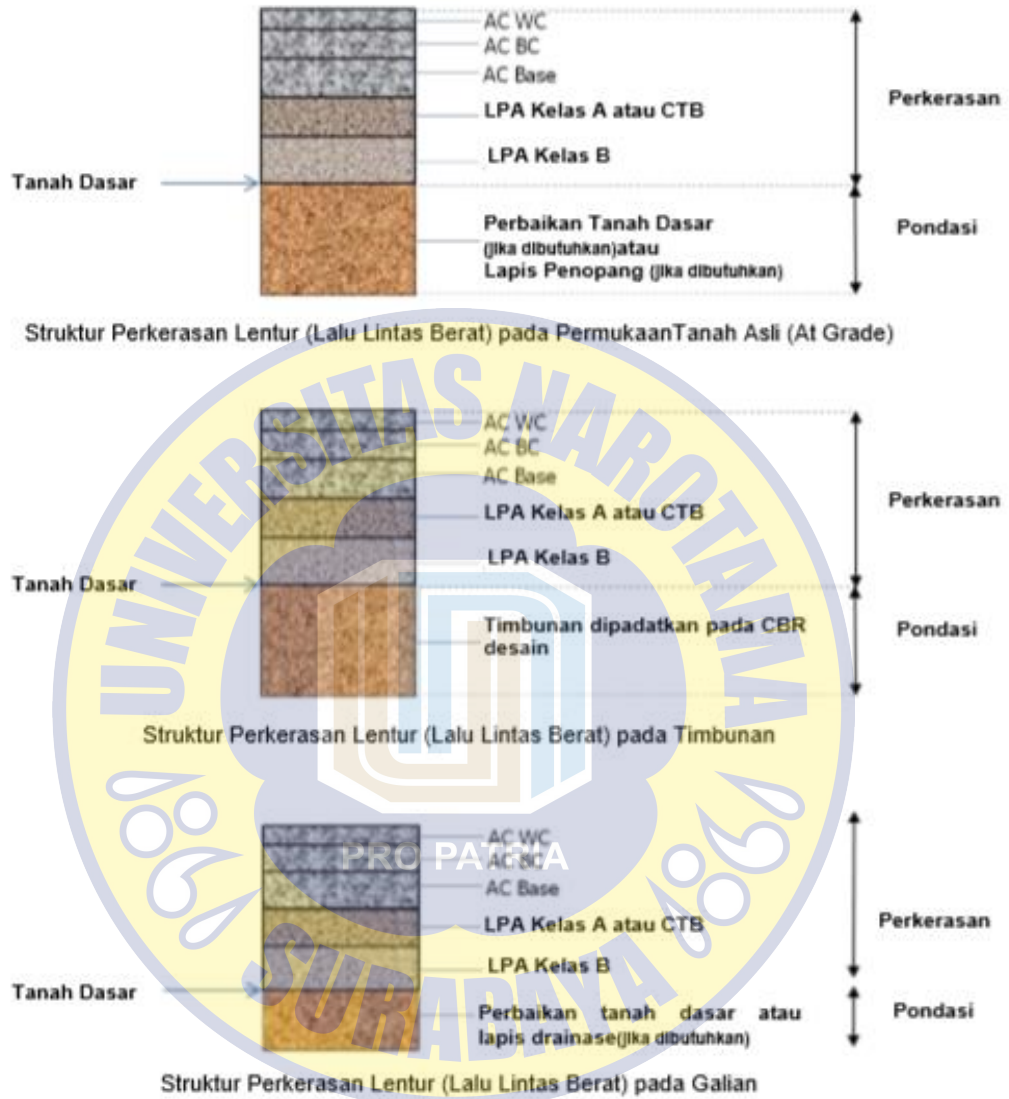
## **2.5 Perkerasan Lentur**

### **2.5.1 Lapis Perkerasan Lentur**

Jenis struktur perkerasan yang diterapkan dalam desain struktur perkerasan baru terdiri atas:

1. Struktur perkerasan pada permukaan tanah asli
2. Struktur perkerasan pada timbunan
3. Struktur perkerasan pada galian

Tipikal struktur perkerasan dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Komponen Struktur Perkerasan Lentur

## 2.5.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

### 1. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan baru sesuai dengan tabel 2.2

Tabel 2.2 Umur Rencana Perkerasan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB	20
	pondasi jalan	40
	semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diizinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan. <i>Cement Treated Based</i>	
Perkerasan Kaku	lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, pondasi jalan.	
Jalan Tanpa Penutup	semua elemen	Minimum 10

Sumber: Bina Marga, 2013

Catatan:

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

2. Kumulatif Kerusakan Perkerasan Secara Umum (CESA<sub>4</sub>)

a. Analisis Volume Lalu Lintas

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survey faktual. Dalam analisis lalu lintas, terutama untuk penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) agar mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor ditambah 30% jumlah sepeda motor (Bina Marga 2013).

Sangat penting untuk memperkirakan volume lalu lintas yang realistis. Terdapat kecenderungan secara historis untuk menaikkan data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi. Hal ini tidak boleh dilakukan untuk kebutuhan apapun. Desainer harus membuat survey cepat secara independen untuk memverifikasi data lalu lintas jika terdapat keraguan terhadap data (Bina Marga 2013).

b. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data – data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka pada Tabel 2.2 digunakan sebagai nilai minimum (Bina Marga 2013).

Tabel 2.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum Untuk Desain

	2011 - 2020	> 2021 - 2030
Arteri dan perkotaan (%)	5	4
Kolektor rural (%)	3,5	2,5
Jalan desa (%)	1	1

Sumber: Bina Marga, 2013

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR} - 1}{0,01 i} \quad (2.1)$$

Dengan:

R = Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas

i = Tingkat Pertumbuhan Tahunan (%)

UR = Umur Rencana (tahun)

c. Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam Tabel 2.3. Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur pada setiap tahun selama umur rencana. Kapasitas lajur maksimum mengacu pada MKJI.

Tabel 2.4 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: Bina Marga, 2013

d. Perkiraan Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Ketentuan untuk pengumpulan data beban lalu lintas dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Ketentuan Cara Pengumpulan Data Beban Lalu Lintas

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Lalu Lintas
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2 <sup>1</sup>
Jalan Raya	1 atau 2 atau 4
Jalan Sedang	1 atau 2 atau 3 atau 4
Jalan Kecil	1 atau 2 atau 3 atau 4

Sumber: Bina Marga 2013

e. Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu untuk ruas jalan Kelas I. Namun demikian nilai CESA selalu ditentukan berdasarkan beban sumbu standar 80 kN (Bina Marga 2013).

f. Beban Sumbu Standar Kumulatif

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

$$CESA = ESA \times 365 \times R \quad (2.2)$$

Dengan:

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

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

CESA = Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

3. *Traffic Multiplier* (TM)

Nilai TM kelelahan lapisan aspal (TM lapisan aspal) untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 - 2. Nilai yang akurat berbeda-beda tergantung dari beban berlebih pada kendaraan niaga di dalam kelompok truk (Bina Marga 2013).

4. Kumulatif Kerusakan Perkerasan Akibat Kelelahan Aspal (CESA<sub>5</sub>)

Untuk perkerasan lentur, kerusakan yang disebabkan lalu lintas desain dinyatakan dalam ekuivalen Sumbu Standar, 80 kN. Faktor ekuivalen beban dihitung menggunakan rumus (2.3) dan (2.4).

Kerusakan perkerasan secara umum:

Sumbu Tunggal

$$ESA_4 = \left(\frac{Lij}{SL}\right)^4 \quad (2.3)$$

Sumbu Ganda

$$ESA_4 = 0,086 \times \left(\frac{Lij}{SL}\right)^4 \quad (2.4)$$

Dengan;

Lij = beban pada sumbu atau kelompok sumbu

SL = beban standar untuk sumbu atau kelompok sumbu

$$CESA_4 = LHR \times ESA_4 \quad (2.5)$$

$$CESA_4 \text{ UR tahun} = CESA_4 \times 365 \times UR \quad (2.6)$$

Kerusakan yang diakibatkan oleh lalu lintas dinyatakan dalam ESA<sub>4</sub> memberikan hasil yang lebih rendah dibandingkan kerusakan akibat kelelahan lapisan aspal (*asphalt fatigue*) akibat overloading yang signifikan.



*Traffic Multiplier* (TM) digunakan untuk mengoreksi  $ESA_4$  akibat kelelahan lapisan aspal:

Dimana:

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

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

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

$$CESA_5 = (TM \times CESA_4) \quad (2.7)$$

Nilai  $CESA_5$  selama umur rencana dihitung menggunakan rumus (2.7).

$$CESA_5 \text{ 20 tahun} = CESA_4 \times 365 \times UR \quad (2.8)$$


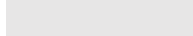
## 5. Tipe Perkerasan Yang Digunakan

Tabel 2.6 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 tahun (juta) (pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0 - 0.05	0.1 - 4	4 - 10	10 - 30	> 30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	4			2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan)	4A		1.2			
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (pangkat 5)	3				2	
AC dengan CTB (pangkat 5)	3			2		
AC tebal $\geq 100$ mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3A			1.2		
AC atau HRS tipis di atas lapis pondasi berbutir	3		1.2			
Burda atau Burtu dengan LPA kelas A atau batuan asli	Gambar 6	3	3			
Lapis Pondasi Soil Cement	6	1	1			
Perkerasan Tanpa Penutup	Gambar 6	1				

Sumber: Bina Marga, 2013

Keterangan:

	Solusi yang lebih diutamakan (lebih murah)
	Alternatif - lihat catatan

Catatan: tingkat kesulitan: 1 kontraktor kecil - medium  
 2 kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai  
 3 membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – dibutuhkan kontraktor spesialis Burda

## 6. Daya Dukung *Subgrade* dan Pondasi Jalan

### 1. Umur Rencana Pondasi Jalan

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

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

### 2. Outline Prosedure Desain Pondasi Jalan

- a) Kondisi tanah dasar normal
- b) Kondisi tanah dasar langsung diatas timbunan rendah (kuurang dari 3 m) diatas tanah lunak aluvial jenuh.
- c) Kasus yang sama dengan kondisi B namun tanah lunak aluvial dalam kondisi kering.
- d) Tanah dasar diatas timbunan tanah gambut.

### 3. Kondisi Tanah Dasar Normal

Kondisi tanah dasar normal dengan ciri – ciri nilai CBR lebih dari 3% dan dapat dipadatkan secara mekanis. desain ini meliputi perkerasan

diatas timbunan, galian atau tanah asli (kondisi normal ini lah yang sering diasumsikan oleh desainer). Berikut adalah Metode A untuk tanah normal:

- a. Kondisi A1: Apabila tanah tanah dasar bersifat plastis atau berupa lanau, tentukan nilai batas-batas Atterberg (PI), gradasi, nilai Potensi Pengembangan (Potential Swell), letak muka air tanah, zona iklim, galian atau timbunan dan tetapkan nilai CBR dari BaganDesain1 atau dari uji laboratorium perendaman 4 hari (Bina Marga 2013).
- b. Kondisi A2: Apabila tanah dasar bersifat berbutir atau tanah residual tropis (tanah merah, laterit), nilai desain daya dukung tanah dasar harus dalam kondisi 4 hari rendaman, pada nilai 95% kepadatan kering modifikasi (Bina Marga 2013).

Untuk kedua kondisi, pilih tebal perbaikan tanah dasar dari Bagan Desain 2 atau tabel 2.6.

Tabel 2.7 Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum<sup>3</sup>

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur Desain Pondasi	Deskripsi untuk struktur pondasi jalan	lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA <sub>5</sub> )		
				< 2	2 - 4	> 4
				Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
≥ 6	SG6	A	Perbaiki tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas)	Tidak perlu penignkatan		
5	SG5					100
4	SG4			100	150	200
3	SG3			150	200	300
2.5	SG2.5			175	250	350
Tanah ekspansif ( <i>potential swell</i> > 5%)		AE		400	500	600
Perkerasan lentur di atas tanah lunak <sup>5</sup>	SG1 aluvial <sup>1</sup>	B	Lapis penopang ( <i>capping layer</i> ) <sup>(2)(4)</sup>	1000	1100	1200
			atau lapis penopang atau geogrid <sup>(2)(4)</sup>	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum - peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir <sup>(2)(4)</sup>	1000	1250	1500

Sumber: Bina Marga, 2013

- (1) Nilai CBR lapangan CBR rendaman tidak relevan.
- (2) Diatas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekuivalen 2,5%.
- (3) Ketentuan tambahan mungkin berlaku, desain harus mempertimbangkan semua isu kritis.
- (4) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan (tanah lunak kering pada saat konstruksi).
- (5) Ditandai oleh kepadatan yang rendah dan CBR lapangan yang rendah di bawah daerah yang dipadatkan

## 7. Struktur Perkerasan

Solusi pekerasan yang banyak dipilih yang didasarkan pada pembebanan dan pertimbangan biaya terkecil diberikan dalam Bagan Desain 3 Perkerasan Lentur, BaganDesain4 Perkerasan Kaku, Bagan Desain 5 Pelaburan, Bagan Desain 6 Perkerasan Tanah Semen, dan Bagan Desain 7 Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Kerikil. Solusi lain dapat diadopsi untuk menyesuaikan dengan kondisi setempat tetapi disarankan untuk tetap menggunakan bagan sebagai langkah awal untuk semua desain (Bina Marga 2013).



Tabel 2.8 Bagan Desain 3: Desain Perkerasan Lentur opsi biaya minimum termasuk CTB<sup>1</sup>

STRUKTUR PERKERASAN									
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	
	Lihat desain 5 & 6				Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif lebih murah <sup>3</sup>				
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun terkoreksi di lajur desain (pangkat5) ( $10^6 \text{ ESA}_5$ )	< 0,5	0,5 - 2,0	2,0 - 4,0	4,0 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 200	200 - 500	
Jenis permukaan berpegikat	HRS, SS, atau Penmac	HRS (6)		AC <sub>c</sub> atau AC <sub>f</sub>	AC <sub>c</sub>				
Jenis lapis Pondasi dan lapis Pondasi bawah	Lapis Pondasi Berbutir A			Cement Treated Base (CTB) (= cement treated base A)					
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
HRS WWC	30	30	30						
HRS Base	35	35	35						
AC WC				40	40	40	50	50	
Lapisan Beraspal	AC BC <sup>5</sup>			135	155	185	220	280	
CTB atau LPA Kelas A	CTB <sup>4</sup>			150	150	150	150	150	
LPA Kelas A	LPA Kelas A <sup>2</sup>			150	150	150	150	150	
LPA Kelas A, LPA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10 %	150	125	125						

Sumber: Bina Marga, 2013



Catatan 3:

1. Ketentuan – ketentuan struktur Pondasi Bagan Desain 2 juga berlaku
2. Ukuran Gradasi LPA nominal maksimum harus 20 mm untuk tebal 100 – 150 mm atau 25 mm untuk tebal lapisan 125 – 150 mm
3. Pilih Bagan 4 untuk solusi perkerasan kaku untuk *life cycle cost* yang rendah
4. Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diijinkan melaksanakan pekerjaan CTB, LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.
5. AC BC harus dihampar dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm
6. HRS is not suitable for steep gradients or urban areas with traffic exceeding 1 million ESA<sup>4</sup>. See Bagan Desain 3A for alternatives

## 2.6. Perkerasan Kaku

### 2.6.1. Jenis Perkerasan Kaku

Pada saat ini dikenal ada 5 jenis perkerasan kaku yaitu:

1. Perkerasan kaku tanpa tulangan dengan sambungan (*jointed plain concrete pavement*)
2. Perkerasan kaku bertulang dengan sambungan (*jointed reinforced concrete pavement*)
3. Perkerasan kaku tanpa tulangan (*continuously reinforced concrete pavement*)
4. Perkerasan kaku prategang (*prestressed concrete pavement*)
5. Perkerasan kaku bertulang fiber (*fiber reinforced concrete pavement*)

### 2.6.2. Persyaratan Teknis

#### a. Tanah Dasar

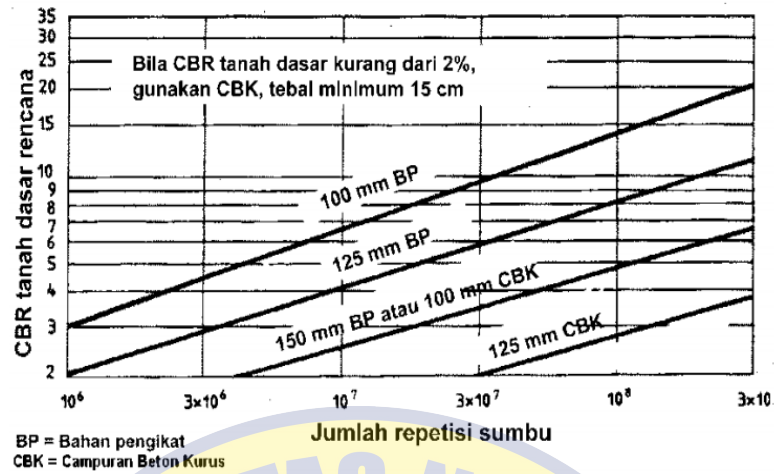
Kekuatan tanah dasar dinyatakan sebagai (k) yang ditentukan dengan nilai pengujian CBR insitu (SNI 03-1731-1989) untuk perencanaan tebal perkerasan jalan lama atau CBR laboratorium untuk perencanaan jalan baru (SNI 03-1744-1989). Apabila nilai tanah dasar  $< 2\%$ , maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai CBR tanah dasar efektif 5%.

## b. Pondasi Bawah

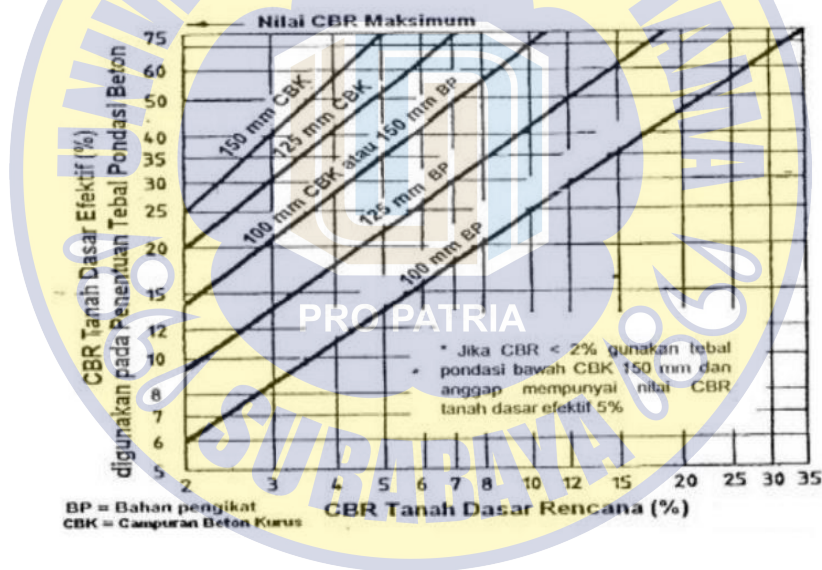
Bahan pondasi bawah dapat berupa:

1. Bahan berbutir.
2. Stabilitas atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*).
3. Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*)

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif. Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI 03-6388-2000 dan AASHTO M-150 serta SNI 03-1743-1989. Bila pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dan CBR tanah dasar efektif dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3.



Gambar 2.2 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Beton Semen  
Sumber: SNI Perencanaan Perkerasan Beton Semen Pd. T-14-2003



Gambar 2.3 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah  
Sumber: SNI Perencanaan Perkerasan Beton Semen PD T-14-2003

c. Pondasi Bawah Material Berbutir

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-6388- 2000. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah

dengan penyimpangan ijin 3% – 5%. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% dalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100%, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

d. Pondasi Bawah dengan Bahan Pengikat (*Bound Subbase*)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat menggunakan dari, antara lain:

1. Stabilitas material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi.
2. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang, atau slag yang dihaluskan.
3. Campuran beraspal bergradasi rapat (*Dense Graded Asphalt*).
4. Campuran beton kering giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55 Kg/cm<sup>2</sup>).

e. Pondasi Bawah dengan Campuran Beton Kering (*Lean Mix Concrete*)

Campuran beton kering (CBK) harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 39 hari minimum 5 Mpa (50 Kg/cm<sup>2</sup>) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 Mpa (70 Kg/cm<sup>2</sup>) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

### 2.6.3. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

#### 2.6.3.1. Perencanaan Tebal Pelat

##### 1. Analisis lalu lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas (R) dihitung dengan rumus:

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \quad (2.9)$$

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 20 tahun adalah:

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R \quad (2.10)$$

$$JSKN \text{ rencana} = C \times JSKN \quad (2.11)$$

Dimana :

JSKN : Jumlah sumbu kendaraan niaga

JSKNH: Jumlah sumbu kendaraan niaga harian

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

C : Koefisien distribusi kendaraan

##### 2. Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi

Repetisi beban sumbu dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya kelebihan beban (*overload*) pada ruas jalan yang ditinjau. Kelebihan beban diperkirakan sebesar 10% dari beban rencana, berdasarkan tabel Faktor Kelebihan Beban (FKB) untuk jalan arteri adalah 1,1.

Proporsi sumbu dihitung dengan membagi jumlah sumbu satu jenis kendaraan dalam satu jenis sumbu dengan jumlah sumbu dalam satu sumbu, dengan contoh pada sumbu STRT, yaitu:

$$STRT_1 = \frac{\text{Jumlah sumbu } STRT_1}{\text{Total sumbu } STRT} \quad (2.12)$$

$$STRT_2 = \frac{\text{Total sumbu } STRT_2}{\text{Total sumbu } STRT} \quad (2.13)$$

$$STRT_3 = \frac{\text{Total sumbu } STRT_3}{\text{Total sumbu } STRT} \quad (2.14)$$

$$STRT_4 = \frac{\text{Total sumbu } STRT_4}{\text{Total sumbu } STRT} \quad (2.15)$$

$$STRT_5 = \frac{\text{Total sumbu } STRT_5}{\text{Total sumbu } STRT} \quad (2.16)$$

Proporsi dihitung dengan membagi jumlah sumbu pada satu jenis sumbu dengan jumlah total sumbu, yaitu:

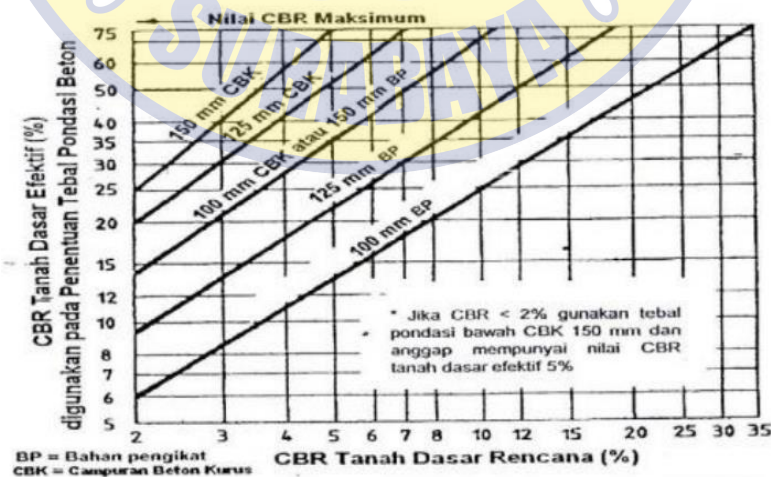
$$\text{Proporsi sumbu } STRT = \frac{\text{Total sumbu } STRT}{\text{Total sumbu } (STRT+STRG+STdRG)} \quad (2.17)$$

$$\text{Proporsi sumbu } STRG = \frac{\text{Total sumbu } STRG}{\text{Total sumbu } (STRT+STRG+STdRG)} \quad (2.18)$$

$$\text{Proporsi sumbu } STdRG = \frac{\text{Total sumbu } STdRG}{\text{Total sumbu } (STRT+STRG+STdRG)} \quad (2.19)$$

3. Menentukan CBR tanah dasar efektif

Mencari nilai CBR tanah dasar efektif menggunakan gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah  
Sumber: Pd. T-14-2003



4. Asumsi tebal pelat

a. Menentukan Tegangan Ekuivalen (TE) dan Faktor Erosi (FE)

Nilai Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi dengan nilai CBR efektif = 35 % didapat dari tabel 2.8.

Tabel 2.9 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji / Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
290	5	0,51	1,9	0,82	0,6	1,61	2,21	2,45	2,54	1,36	1,97	2,19	2,34
290	10	0,5	1,85	0,76	0,57	1,58	2,18	2,39	2,46	1,34	1,94	2,13	2,26
290	15	0,5	1,82	0,73	0,55	1,56	2,16	2,36	2,42	1,33	1,92	2,1	2,22
290	20	0,49	1,81	0,72	0,54	1,56	2,16	2,34	2,39	1,32	1,92	2,08	2,2
290	25	0,49	1,79	0,7	0,53	1,55	2,15	2,32	2,37	1,31	1,91	2,06	2,17
290	35	0,48	1,76	0,66	0,51	1,53	2,14	2,28	2,32	1,29	1,89	2,02	2,11
290	50	0,47	1,73	0,63	0,49	1,49	2,12	2,23	2,27	1,27	1,87	1,98	2,05
290	75	0,47	1,7	0,6	0,47	1,47	2,1	2,18	2,19	1,25	1,85	1,93	1,98

Sumber: Pd. T-14-2003

b. Menentukan Faktor Rasio Tegangan (FRT)

Faktor Rasio Tegangan (FRT) dicari dengan membagi Tegangan Ekuivalen (TE) oleh Kuat Tarik Lentur ( $f_{cf}$ ).

$$f_{cf} = 3,13 \times K(f_c')^{0,50} \quad (2.20)$$

Dimana :

$f_c'$  : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{cf}$  : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

K : konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah

Faktor Rasio Tegangan (FRT) untuk berbagai jenis sumbu kendaraan adalah sebagai berikut:

$$FRT_{STRT} = \frac{TE_{STRT}}{f_{cf}} \quad (2.21)$$

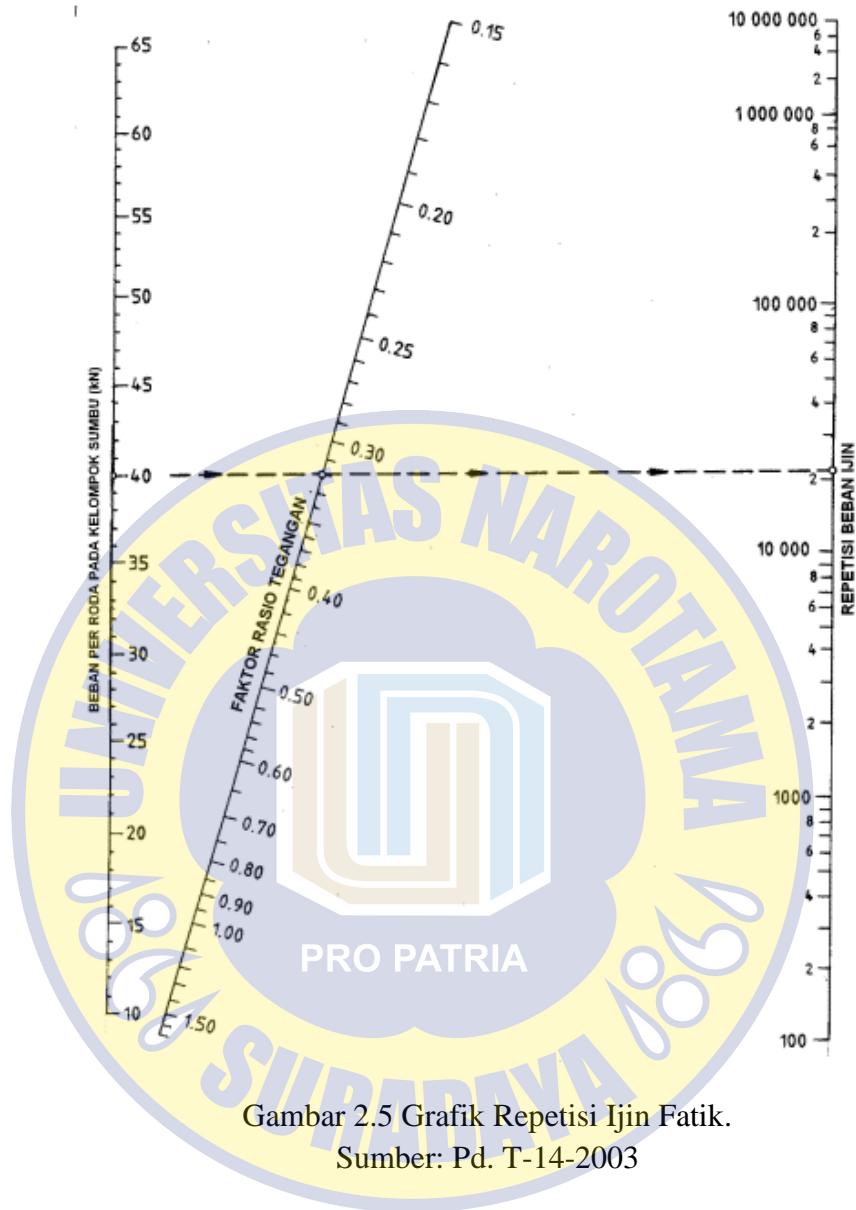
$$FRT_{STRG} = \frac{TE_{STRG}}{f_{cf}} \quad (2.22)$$

$$FRT_{STdRG} = \frac{TE_{STdRG}}{f_{cf}} \quad (2.23)$$

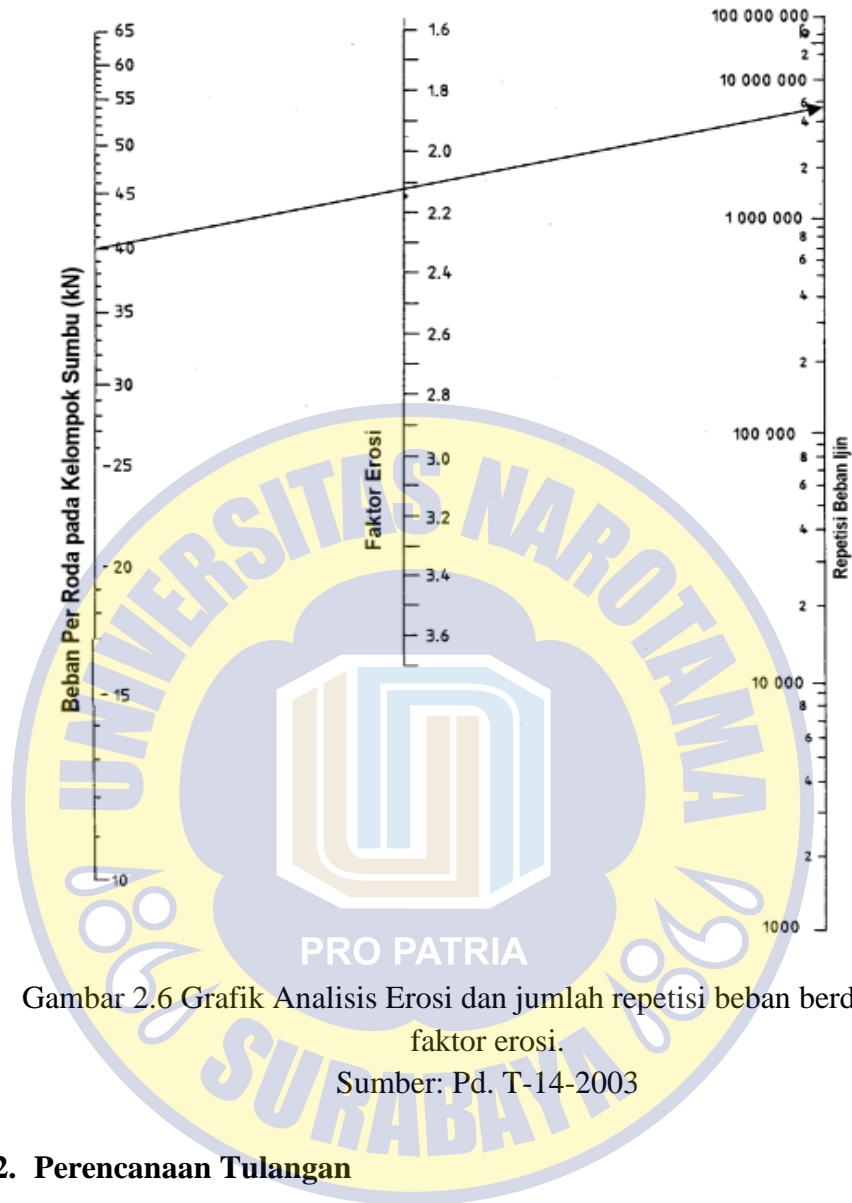
$$FRT_{STrRG} = \frac{TE_{STrRG}}{f_{cf}} \quad (2.24)$$

c. Jumlah repetisi ijin fatik dan repetisi ijin ersoi

Menentukan jumlah repetisi ijin fatik dan repetisi ijin erosi melihat gambar 2.5 dan 2.6 berikut:



Gambar 2.5 Grafik Repetisi Ijin Fatik.  
 Sumber: Pd. T-14-2003



Gambar 2.6 Grafik Analisis Erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi.

Sumber: Pd. T-14-2003

### 2.6.3.2. Perencanaan Tulangan

#### 1. Data Perencanaan

- Tebal pelat = 29 cm
- Lebar pelat =  $2 \times 3,5$  m
- Panjang pelat = 15 m
- Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi ( $\mu$ ) = 1
- Berat isi beton =  $2400 \text{ kg/m}^3$

- Mutu baja = BJ 37 ( $f_y = 240 \text{ MPa}$ )
- Gravitasi ( $g$ ) =  $9,81 \text{ m/dt}^2$

## 2. Perhitungan tulangan memanjang

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \quad (2.24)$$

Dengan:

$\mu$  = Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi

$L$  = Lebar pelat

$M$  = Berat isi beton

$g$  = Gravitasi

$h$  = Tebal pelat

## 3. Perhitungan tulangan melintang

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \quad (2.25)$$

Dengan:

$\mu$  = Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi

$L$  = Lebar pelat

$M$  = Berat isi beton

$g$  = Gravitasi

$h$  = Tebal pelat

### 2.6.3.3. Perencanaan Sambungan

#### 1. Dowel (Ruji)

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut.

Tabel 2.10 Diameter ruji

NO	Tebal pelat beton, $h$ (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h < 140$	20
2	$140 < h < 160$	24
3	$160 < h < 190$	28
4	$190 < h < 220$	33
5	$220 < h < 250$	36

Sumber: Pd. T-14-2003

#### 2. Batang pengikat (*Tie bar*)

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \quad (2.26)$$

Dengan:

$l$  = Panjang batang pengikat (mm)

$\phi$  = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

## 2.7. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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

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

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