

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Hapid yang berjudul “Perencanaan Geometrik dan Tebal Peverasan Rigid Pavement Dengan Metode Bina Marga 04/SE/Db/2017 Di Ruas Jalan Raya Maja-Lebak Banten”. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Jalan Raya-Maja-Lebak Banten merupakan jalan kolektor, dengan lebar ukuran pekerasan 2 x 3,5 meter dan kecepatan yang direncanakan 60 km/jam, terdapat 5 tikungan (1 tikungan fc, dan 4 tikungan scs). Peverasan yang digunakan untuk Jalan raya Maja-Lebak Banten adalah jenis pekerasan kaku (Rigid Pavement). Jalan yang direncanakan memiliki panjang 2.770,26 m, ukuran lebar jalan 2 x 3,5 m. Umur rencana jalan ini diperkirakan 40 tahun, dengan ketebalan pekerasan beton 30 cm.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Arif Budi Irawan yang berjudul “Perencanaan Desain Peverasan Kaku (Rigid Pavement) Menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 Jalan Tol Serpong-Balaraja Seksi 1B STA 5+150 – STA 9+845.” Perencanaan ini bertujuan mendesain pekerasan dan menghitung anggaran biaya perencanaan jalan tol. Perencanaan dengan aashto 1993 didapatkan ketebalan 42 cm untuk pelat beton, dan 10 cm untuk lapis pondsi. sementara itu, perencanaan bina marga 2017 didapatkan 30,5 cm ketebalan pelat beton, dan 10 cm lapisan pondasi (LC), lapis pondasi bawah setebal 15 cm. Untuk anggaran biaya metode bina marga 2017 biaya perencanaan senilai Rp73.721.843.085. dan rencana anggaran biaya aashto 1993 senilai Rp 93.313.825.729.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lingga Arjuna Rizki Ramadhan dan Muhammad Rusli yang berjudul “Desain Struktur Peverasan Kaku Dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993”. Tujuan untuk membandingkan tebal pelat beton menggunakan metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993. Diperoleh ketebalan 25 cm dengan bina marga 2017 dan 43 cm dengan aashto 1993.

Berdasarkan penelitian oleh Almufid, Saiful Haq dan Silwanus yang berjudul “Perbandingan Desain Tebal Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Bina Marga 04/Se/Db/2017 dan Metode AASHTO 1993”. Tujuan peneliti untuk mengkaji opsi desain tebal perkerasan dan mengevaluasi tolak ukur desain dari kedua metode tersebut. Parameter input yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan pada metode Bina Marga 2017 adalah parameter lalu lintas, tanah dasar, tanah dasar bergradasi dan kekuatan beton. Metode AASHTO 1993 menggunakan parameter input berikut untuk menghitung tebal perkerasan: tolak ukurr lalu lintas, modulus tanah dasar, material perkerasan, keandalan dan koefisien drainase. Hasil penelitian ketebalan pelat metode Bina Marga 2017 yaitu 28,5 cm, hasil ketebalan pelat metode AASHTO 1993 sekitar 26 cm.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rivaldi Putra Ramadhan, Johannes Asdhi Poerwanto, dan Marjono yang berjudul “Perencanaan Geometrik dan Pakerasan Kaku Pada Proyek JLS. LOT 9 Kabupaten Malang” tujuan peneliti untuk merencanakan geometrik menggunakan metode (PDGJ) 2021 dan menentukan ketebalan pekerasan sesuai dengan pedoman Revisi MDP 2017. Hasil dari perencanaan geometrik dan tebal pekerasan kaku pada penelitian ini mencakup 8 tikungan jenis SCS, dan 6 lengkung vertikal yaitu 4 lengkung cembung, dan 2 lengkung cekung. Diperoleh 265 mm untuk ketebalan plat beton, 100 mm untuk lapisan beton LMC, dan 150 mm untuk lapisan drainase, Dan didapatkan total biaya untuk seluruh pekerjaan adalah Rp 37.306.240.000.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul Peneliti	Tahun	Lokasi Penelitian
1.	Muhamad Hapid	Perencanaan Geometrik dan Tebal Pakerasan Rigid Pavement Dengan Metode Bina Marga 04/SE/Db/2017 di Ruas Jalan Raya Maja-Lebak Banten	2021	Jalan Raya Maja-Lebak Banten

2.	Arif Budi Irawan	Perencanaan Desain PeKERASAN Kaku (Rigid Pavement) Menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 Jalan Tol Serpong-Balaraja Seksi 1B STA 5+150-STA 9+845	2024	Jalan Tol Serpong-Balaraja Seksi 1B STA 5+150-STA 9+845
3	Lingga Arjuna Rizki Ramadhan, Muhammad Hafiz	Desain Struktur PeKERASAN Kaku Dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993	2023	Ruas jalan Pantura Semarang-Kendal STA 7+900-STA 10+200
4	Almufid, Saiful Haq, Silwanus	Perbandingan Perencanaan Tebal PeKERASAN Kaku dengan Menggunakan Metode Bina Marga 04/Se/Db/2017 dan Metode AASHTO 1993	2020	Jalan Perjuangan, Jakarta Barat
5	Rivaldi Putra Ramadhan, Johannes Asdhi Poerwanto, Marjono	Perencanaan Geometrik dan PeKERASAN Kaku Pada Proyek JLS. Lot 9 Kabupaten Malang	2022	JLS. Lot 9 Kabupaten Malang

2.2 Pengertian Jalan

Jalan adalah fasilitas transportasi yang dibuat manusia dan terletak di daratan, yang memiliki bentuk serta ukuran tertentu untuk mendukung lalu lintas umum atau khusus, yang mencakup berbagai elemen jalan serta struktur pendukungnya.

2.1.1 Klasifikasi Jalan

Pengelompokan jalan menurut TCPGJAK, menjadi 4 jenis diantaranya :

1. Klasifikasi menurut fungsi jalan :

a) Jalan Arteri

Melayani angkutan umum dicirikan dengan jarak tempuh yang jauh, dalam kecepatan tinggi, dan akses yang terbatas secara efisien.

b) Jalan Kolektor

Melayani angkutan pengumpul dicirikan dengan jarak tempuh sedang, dengan kecepatan tempuh sedang, dan akses yang terbatas.

c) Jalan Lokal

Melayani angkutan lokal dengan yang dicirikan jarak tempuh dekat, dengan kecepatan rata-rata rendah, akses tak terbatas

2. Klasifikasi menurut kelas jalan

Pengelompokan berdasarkan kelas jalan terkait dengan kemampuan jalan dalam menerima beban lalu lintas. Muatan sumbu terberat dinyatakan dalam satuan ton.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

(Sumber : Pasal 11, PP.No.43/1993)

3. Klasifikasi menurut medan jalan

Klasifikasi menurut medan jalan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.

Tabel 2. 3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1.	Datar	D	< 3
2.	Perbukitan	B	3 – 25
3.	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departmen PU, Ditjen Bina Marga 1997)

4. Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah Jalan Nasional, Jalan Provinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

2.3 Perencanaan Geometrik

Menurut Hendarsin (2000), perencanaan geometrik jalan yaitu proses merencanakan ruas jalan dengan lengkap. Desain geometrik jalan terdiri dari beberapa unsur yang menyesuaikan dengan kelengkapan data dasar yang tersedia atau yang diperoleh setelah mengamati langsung di lapangan yang telah dianalisa dan berhubungan dengan peraturan yang berlaku.

2.3.1 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

1. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana digunakan untuk merencanakan ruas jalan dan mewakili kelompok kendaraan tertentu. Lebar jalur lalu lintas yang diperlukan dipengaruhi oleh ukuran lebar kendaraan yang direncanakan dalam hal perencanaan geometrik jalan.

2. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan maksimum yang ditetapkan agar kendaraan dapat bergerak dengan nyaman dan aman di suatu ruas jalan. Dalam perencanaan jalan yang baik, kecepatan rencana harus mempertimbangkan keadaan dan kegunaan jalan tersebut.

Tabel 2. 4 Kecepatan Rencana

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 : TCPGJAK/No.38/TBM/1997)

3. Jarak Pandang

Jarak pandang yaitu jarak yang dibutuhkan pengemudi agar dapat mengenali rintangan yang berpotensi membahayakan saat mengemudi dan mengambil tindakan yang tepat untuk terhindar dari bahaya dengan aman. Jarak pandang menurut pedoman bina marga sebagai berikut:

1) Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak pandang henti (J_h) merupakan jarak minimum yang dibutuhkan pengemudi dalam menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan.

Tabel 2. 5 Jarak Pandang Henti

V_R, Km/Jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : TCPGJAK/No.38/TBM/1997)

2) Jarak Pandang Mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului (J_d) merupakan jarak yang memungkinkan untuk suatu kendaraan mendahului kendaraan lain dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.

Tabel 2. 6 Jarak Panjang Mendahului

V_R, Km/Jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber : TCPGJAK/No.38/TBM/1997)

2.3.2 Alinemen Horizontal

Menurut Sukirman (1994) alinemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung.

Ada dua jenis bagian jalan pada perencanaan alinemen horizontal, yaitu : bagian lurus, dan bagian lengkung atau disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan yaitu :

- Lingkaran (Full Circle = FC)
- Spiral-Lingkarang-Spiral (Spiral-Circle-Spiral = S-C-S)
- Spiral-Spiral (S-S)

1. Bagian Lurus

Bagian lurus harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_R), dan harus mempertimbangkan keselamatan pengemudi yang disebabkan oleh kelelahan.

Tabel 2. 7 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

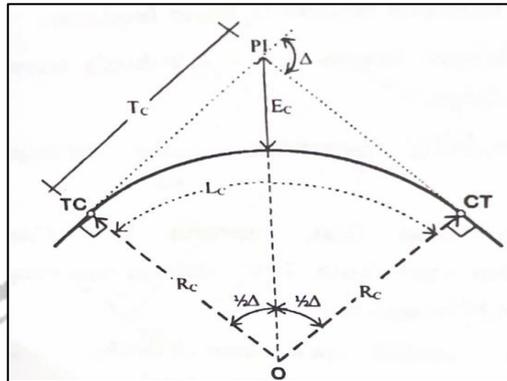
(Sumber : TPGJAK)

2. Tikungan

a) Lingkaran (Full Circle = FC)

Tikungan Full Circle adalah tikungan yang berbentuk melingkar atau tikungan penuh lingkaran. Tikungan Full Circle hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena jika R (jari-jari lingkaran) kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Tikungan Full Circle sering digunakan pada jalan arteri yang dirancang untuk kendaraan dengan kecepatan rencana yang tinggi. Kelebihan dari Tikungan Full Circle yaitu memiliki radius yang besar, sehingga dapat memungkinkan kendaraan berbelok dengan kecepatan tinggi. Selain itu

Tikungan Full Circle juga memiliki jarak pandang yang panjang untuk melihat lebih jauh ke depan untuk menghindari bahaya.



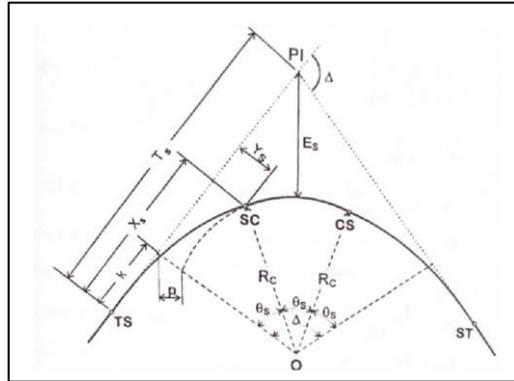
Gambar 2. 1 Lengkung Full Circle

Keterangan :

- Δ = sudut tikungan
- O = titik pusat lingkaran
- Tc = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT
- Rc = jari-jari lingkaran
- Lc = panjang busur lingkaran
- Ec = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

b) Spiral – Lingkaran – Spiral (*Spiral – Circle – Spiral = S-C-S*)

Tikungan S-C-S memiliki dua lengkung spiral dan satu lengkung circle. Lengkung ini diletakkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lingkaran jalan yang bertujuan untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran dengan tiba-tiba.



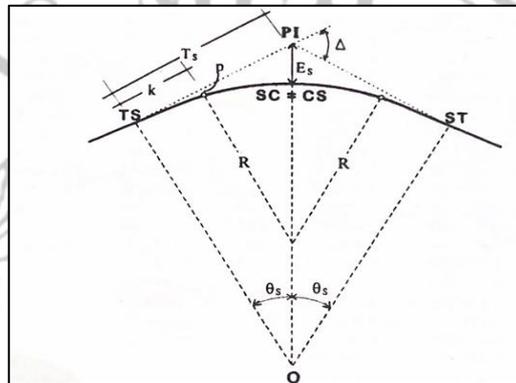
Gambar 2. 2 Komponen S-C-S

Keterangan :

- X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan)
- Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung
- L_s = panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST)
- L_c = panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)
- T_s = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau titik ST)
- TS = titik dari tangen ke spiral
- Sc = titik dari spiral ke lingkaran
- Es = jarak dari PI ke busur lingkaran
- θ_s = sudut lengkung spiral
- R_c = jari-jari lingkaran
- p = pergeseran tangen terhadap spiral
- k = absis dari p pada garis tangen spira

c) Spiral – Spiral (S-S)

Tikungan Spiral – Spiral adalah tikungan yang terdiri dari dua bagian spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan bagian lingkaran. Tikungan Spiral-Spiral direkomendasikan untuk R yang cukup kecil sehingga memerlukan derajat superelevasi yang lebih tinggi. Tikungan ini digunakan saat ruang gerak kendaraan terbatas biasanya digunakan pada pada jalan dengan kecepatan rencana yang rendah, seperti jalan lingkungan.



Gambar 2. 3 Komponen S-S

2.3.3 Alinemen Vertikal

Menurut Sukirman (1994), Alinemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan pekerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan dua laju dua arah atau melalui tepi dalam pekerasan untuk jalan dengan median. Lengkung vertikal adalah perubahan elevasi jalan terhadap bidang horizontal. Biasanya berkisar antara 2% hingga 4%, kemiringan melintang jalan digunakan untuk membuang air hujan dari badan jalan. Terdapat 2 jenis lengkung vertikal yaitu:

1. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung merupakan lengkung yang titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

Panjang lengkung vertikal cekung harus ditentukan dengan memperhatikan hal-hal berikut ini :

- Jarak penyinaran lampu kendaraan
- Jarak pandangan bebas di bawah bangunan
- Persyaratan drainase
- Kenyamanan mengemudi
- Keluwesan bentuk

2. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung Vertikal Cembung merupakan lengkung yang titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan.

Syarat – syarat lengkung vertikal cembung antara lain :

- Kemiringan jalan di bagian cembung tidak boleh melebihi kemiringan jalan minimum yang diizinkan.
- Panjang lengkung vertikal cembung harus cukup untuk memungkinkan kendaraan melaju dengan aman.
- Jarak pandang horizontal pada lengkung vertikal cembung harus cukup untuk memungkinkan kendaraan melihat kendaraan lain yang datang dari arah berlawanan.

2.4 Pengerasan Jalan

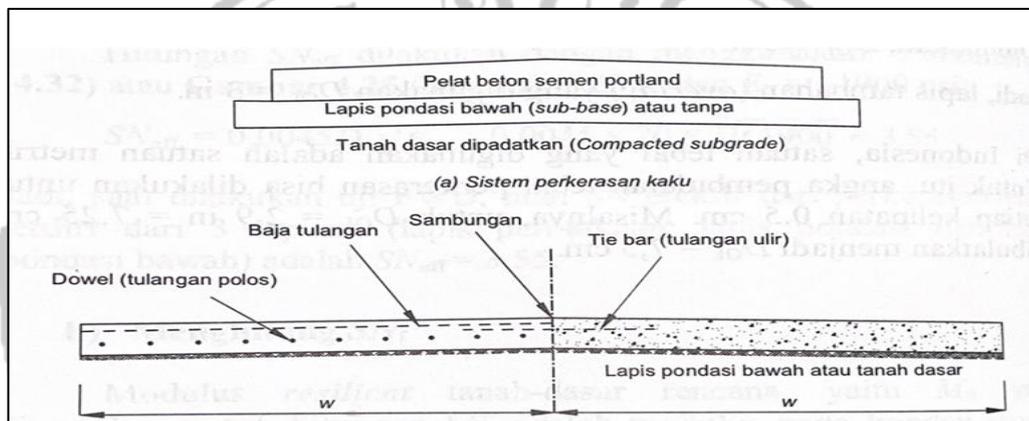
Menurut Hardiyatmo (2019) Pengerasan merupakan struktur yang diletakkan pada tanah dasar, yang memisahkan antara ban kendaraan dengan tanah-dasar yang berada di bawahnya. Struktur pengerasan jalan terdiri dari beberapa lapis material yang diletakkan pada tanah dasar.

Secara umum, fungsi pengerasan jalan, adalah:

- 1) Untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu-lintas.
- 2) Untuk memberikan permukaan rata bagi pengendara.
- 3) Untuk memberikan kekesatan atau tahanan gelincir (*skid resistance*) di permukaan pengerasan.

- 4) Untuk mendistribusikan beban kendaraan ke tanah-dasar secara memadai, sehingga tanah-dasarterlindung dari tekanan yang berlebihan.
- 5) Untuk melindungi tanah-dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

Pekerasan kaku atau pekerasan beton terdiri dari pelat beton semen portland yang terletak langsung di atas tanah-dasar, atau di atas lapisan granuler (*subbase*) yang berada di atas tanah-dasar (*subgrade*). Tanah dasar yang terletak di bawah lapis pondasi bawah merupakan tanah dasar yang dipadatkan dengan ketebalan tertentu (*Hardiyatmo, 2019*).



Gambar 2. 4 Komponen Pekerasan Kaku

(Sumber: Hardiyatmo, 2019:252)

Daya dukung pekerasan diperoleh dari pelat beton semen. Faktor yang harus diperhatikan dalam pekerasan beton semen adalah kepadatan, kadar air pematangan, dan perubahan kadar air selama masa pelayanan.

2.4.1 Tipe-Tipe Pekerasan

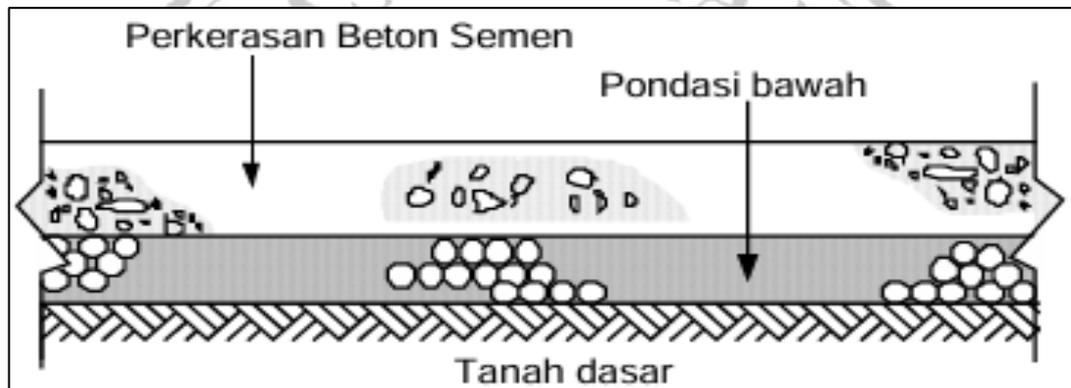
Pertimbangan dalam memilih tipe pekerasan dikarenakan dengan dana pembangunan yang tersedia, biaya pemeliharaan, volume lalu lintas yang dilayani, dan kecepatan pembangunan agar lalu lintas tidak terlalu lama terganggu oleh pelaksanaan proyek. Tipe-tipe pekerasan yang sering digunakan antara lain :

- 1) Pekerasan lentur (*flexible pavement*)
- 2) Pekerasan kaku (*rigid pavement*)
- 3) Pekerasan komposit (*composite pavement*)

4) Jalan tak diperkeras (*unpaved road*)

2.5 Pengerasan Kaku

Menurut Pd T-14-2003, pengerasan kaku atau beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Pengerasan kaku banyak digunakan untuk jalan-jalan utama dan bandara. Pengerasan kaku terdiri atas tanah dasar, lapis pondasi bawah dan pelat beton semen dengan atau tanpa tulangan.



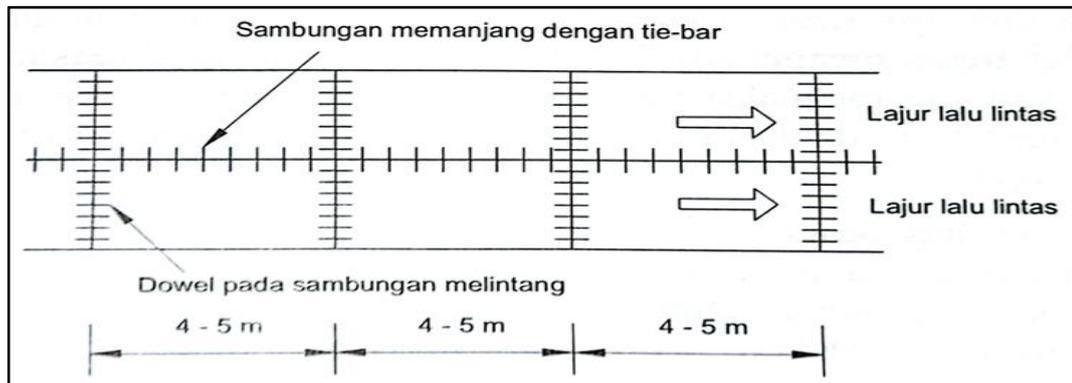
Gambar 2. 5 Struktur Pengerasan Kaku

2.5.1 Tipe-Tipe Pengerasan Kaku (Rigid Pavement)

Pengerasan kaku dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu pengerasan beton dengan sambungan dan tanpa sambungan. Adapun yang disebut pengerasan beton konvensional antara lain :

1. Pengerasan Beton Tak Bertulang

Pengerasan beton tak bertulang biasanya dibuat bersambungan, sehingga disebut pengerasan beton tak bertulang bersambungan (*Jointed Plain Concrete Pavement, JPCP*). JPCP terdiri dari blok-blok beton dengan ukuran tertentu dan tebal antara 15-30 cm diletakkan di atas lapis bawah.



Gambar 2. 6 Pekarasan Beton Bertulang Tak Bersambungan

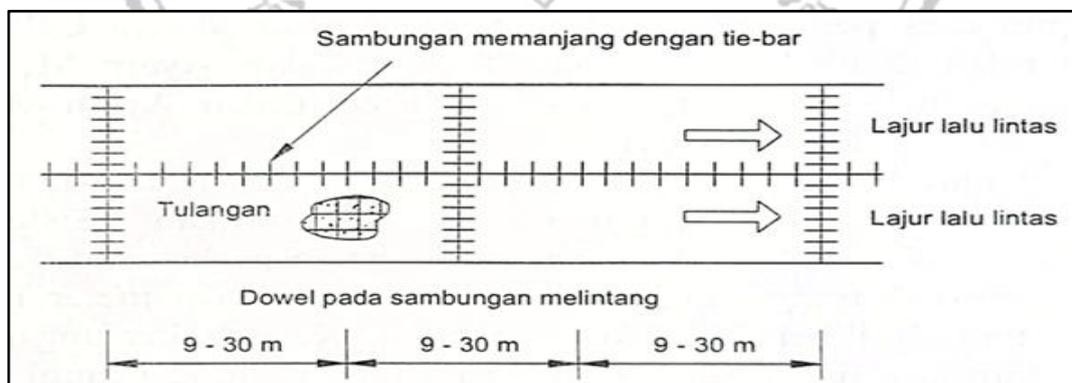
(Sumber : Hardiyatmo, 2019:263)

2. Pekarasan Beton Bertulang

Pekarasan beton bertulang terdiri dari pelat beton semen Portland dengan ketebalan tertentu yang diperkuat dengan tulangan-tulangan yang berupa baja batang-batang baja terpisah. Fungsi dari tulangan-tulangan ini untuk mengendalikan retak dan bukan untuk mendukung beban.

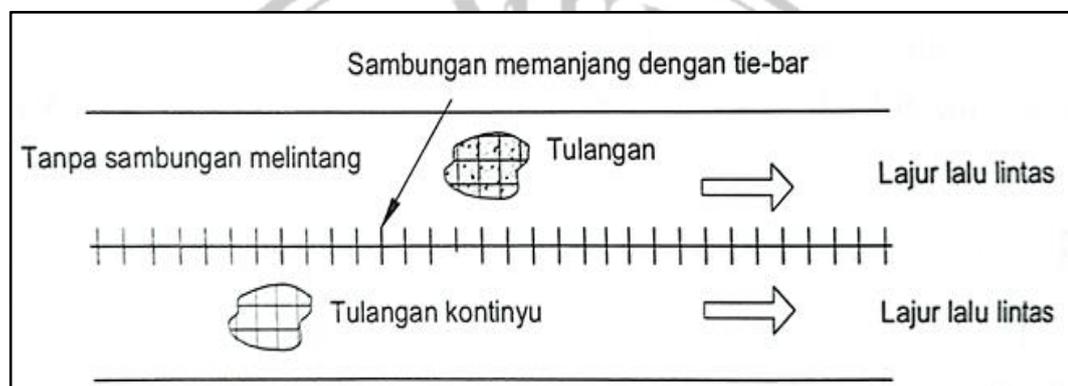
Pekarasan beton dengan tulangan ada 2 tipe yaitu :

1. Pekarasan beton bertulang bersambungan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement, JRCP*), dirancang dengan jarak sambungan yang agak jauh. Dengan jarak sambungan yang agak jauh, maka pada sambungan harus dipasang dowel-dowel.



Gambar 2. 7 Pekarasan Beton Bertulang Bersambungan (JRCP)

2. Pengerasan beton bertulang kontinyu (*Continuous Reinforced Concrete Pavement*, CRCP) adalah pengerasan beton yang tulangan dan panjang pelatnya dibuat menerus tanpa sambungan. Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003), menyarankan panjang pelat untuk CRCP lebih besar dari 75 m. Tulangan menerus berguna untuk menahan retak termal melintang sehingga retak tetap menutup dengan ketat, dan sebagai tambahan jaminan pada penguncian antar agregat di lokasi sambungan.



Gambar 2. 8 Pengerasan beton bertulang kontinyu (CRCP)

(Sumber : Hardiyatmo, 2019:263)

2.5.2 Lapisan Pengerasan Kaku

1. Tanah Dasar (Subgrade)

Bagian dari permukaan jalan yang terletak didasar yang berfungsi untuk menerima beban konstruksi perkerasan di atasnya. Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam menyiapkan tanah dasar adalah lebar tanah dasar, kerataan tanah, kemiringan melintang, kekuatan daya dukung dan kepadatan yang merata. Evaluasi lapisan ini bertujuan untuk mencari nilai daya dukung tanah dasar agar dapat dipergunakan dalam perencanaan perkerasan yang akan dikerjakan.

2. Lapis Pondasi (Subbase)

Lapisan yang berada diantara lapisan tanah dasar dan lapisan pondasi atas (base) yang meneruskan beban di atasnya dan diteruskan untuk meratakan tegangan menuju lapis tanah dasar (subgrade).

Lapis pondasi bawah dibuat pada atas tanah dasar yaitu:

- a. Bagian konstruksi yang bertujuan untuk mendukung dan meratakan beban roda.
- b. Sebagai penghemat biaya konstruksi, penggunaan material relative lebih murah karena tebal pada lapisan-lapisan dapat di kurangi sehingga konstruksi lebih efisien.
- c. Untuk menghalangi tanah dasar (subgrade) masuk ke bagian lapis pondasi
- d. Sebagai pelapis pondasi pertama sehingga konstruksi pekerasan dapat dilaksanakan dengan baik.

3. Tulangan

Menurut (Alamsyah, 2001:155) penulangan baja didistribusikan guna mempertahankan kekuatan plat, agar membatasi besarnya retakan yang ditimbulkan di daerah beban terkonsentrasi sehingga mencegah terjadinya pembelahan pada daerah pelat beton.

2.6 Perencanaan Pengerasan Kaku

Pada perencanaan perkerasan beton semen ada beberapa hal yang harus di perhatikan, sebagai berikut:

1. Intensitas lalu lintas yang akan dilayani.
2. Jumlah kepadatan lalu lintas, konfigurasi sumbu, konfigurasi roda, beban roda, ukuran ban, tekanan ban, jumlah jalur, arah lalu lintas dan pertumbuhan lalu lintas.
3. Umur rencana yang dapat di tentukan dari segi pola lalu lintas, nilai ekonomi daerah dan faktor pengembang wilayah.

4. Kapasitas pekerasan yang harus dijadikan sebagai pembatasan dalam merencanakan.
5. Daya dukung tanah dan pemerataan tanah dasar juga berpengaruh pada ketahanan dan kekuatan pelat pekerasan semen beton.

2.6.1 Perencanaan Tebal Pekerasan Kaku Metode AASHTO (1993)

Parameter-parameter perancangan dalam perancangan pelat beton antara lain:

- 1) Umur rancangan
- 2) Perancangan lalu lintas, ESAL
- 3) Kemampuan pelayanan akhir (p_t)
- 4) Kemampuan pelayanan awal (p_o)
- 5) Kehilangan kemampuan pelayanan ($\Delta PSI = p_o - p_t$)
- 6) Realibilitas (R)
- 7) Deviasi standar normal (Z_R)
- 8) Deviasi standar keseluruhan (S_o)
- 9) Modulus reaksi tanah-dasar (k)
- 10) Kuat tekan beton (F_c')
- 11) Modulus elastis beton (E_c)
- 12) Kuat lentur beton (*flexural strength, S_c'*)
- 13) Koefisien drainase (C_d)
- 14) Koefisien penyaluran beban (J)

Realibilitas (R)

Realibilitas (Realibility, R) menyatakan tingkat kemungkinan bahwa pekerasan yang dirancang akan tetap memuaskan selama masa pelayanan. Untuk nilai R yang lebih besar menunjukkan kinerja pekerasan yang lebih baik, namun membutuhkan tebal pekerasan yang lebih tebal. Untuk nilai R tertentu, faktor realibilitas merupakan fungsi dari standar deviasi keseluruhan (S_o).

Tabel 2. 8 Nilai Reabilitas (R)

Tipe Jalan	Nilai R, (%)	
	Perkotaan (Urban)	Pedesaan (Rural)
Jalan Bebas Hambatan (freeway)	90 -99,9	85 – 99,9
Utama	85 – 99	80 – 95
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 - 80	50 – 80

(Sumber : AASHTO, 1993)

Deviasi Standar Keseluruhan (S_o)

Deviasi Standar Keseluruhan adalah parameter untuk memperhitungkan adanya variasi dari input data. AASHTO (1993) menyarankan nilai S_o untuk pekerasan kaku berkisar antara 0,30 – 0,40. Dan disarankan untuk pekerasan kaku nilai $S_o = 0,35$.

Koefisien Drainase (C_d)

Koefisien drainase merupakan alat ukur untuk memperhitungkan kinerja pekerasan oleh pengaruh sistem drainase yang kurang baik.

Koefisien drainase digunakan untuk memodifikasi tebal beton rancangan dengan memperhatikan kondisi drainase. Penentuan C_d bergantung pada kualitas drainase.

Tabel 2. 9 Koefisien drainase (C_d) untuk perancangan pekerasan beton

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur pekerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati air			
	< 1 %	1-5 %	5-25 %	> 25 %
Sempurna	1,25 – 1,20	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10
Baik	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00
Sedang	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90
Buruk	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80
Sangat buruk	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80 – 0,70	0,70

(Sumber: AASHTO,1993)

Material Beton

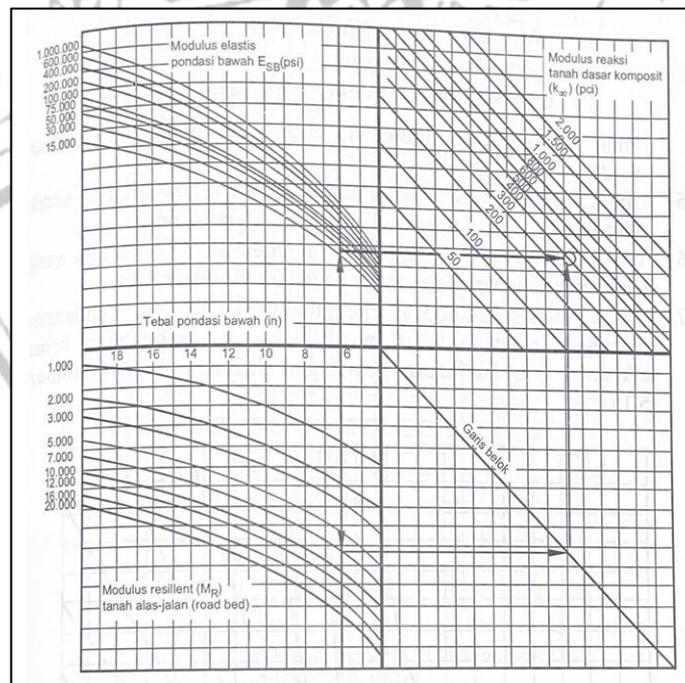
Menurut Hardiyatmo, 2019:286 tebal pekerasan beton bergantung pada kekuatan beton yang digunakan. Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perancangan pekerasan beton termasuk kuat tekan 28 hari, modulus elastis, dan kuat lentur. Untuk nilai kuat lentur yang biasa digunakan dalam pekerasan beton antara 3 – 5 Mpa.

Tabel 2. 10 Hubungan Kuat Tekan, Modulus Elastis dan Kuat Lentur Beton Menurut SNI dan ACI

Kuat Tekan Beton			Menurut SNI				Menurut ACI			
Kg/cm ²	MPa	psi	Mpa	psi	Mpa	psi	Mpa	psi	Mpa	psi
150	14,71	2133	18029	2614243	2,88	417	18155	2632512	2,39	346
250	24,52	3555	23276	3374974	3,71	539	23438	3398558	3,08	447
350	34,33	4979	27540	3993323	4,39	637	27733	4021228	3,65	529
375	36,78	5333	28507	4133481	4,55	660	28706	4162366	3,78	548
400	39,23	5688	29442	4269041	4,70	681	29647	4298873	3,90	566
450	44,13	6399	31228	4528002	4,98	723	31446	4559644	4,14	600

(Sumber: Hardiyatmo, 2019:289)

Modulus Reaksi Tanah dasar Efektif



Gambar 2. 9 Penentuan modulus reaksi tanah-dasar komposit k_s kedalaman tanah keras > 3 m (AASHTO,1993)

Koefisien Transfer Beban (J)

Menurut (Hardiyatmo, 2019:302) koefisien transfer beban adalah faktor yang digunakan dalam perancangan pekerasan kaku untuk memperhitungkan kemampuan struktur pekerasan beton dalam mentransfer atau mendistribusikan beban yang melintas di atas sambungan atau retakan.

Tabel 2. 11 Koefisien transfer beban (J)

Bahu jalan	Aspal		Plat beton semen Portland terikat	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Tipe Pengerasan:				
1. Pengerasan beton tak bertulang bersambungan (JPCP) dan bertulang bersambungan (JRCP)	3,2	3,8 – 4,4	2,5 – 3,1	3,6 – 4,2
2. Pengerasan beton bertulang bersambungan (CRCP)	2,9 – 3,2	N/A	2,3 – 2,9	N/A

(Sumber, AASHTO 1993)

Penentuan Tebal Pelat Beton (D)

Persamaan tebal pekerasan beton (AASHTO, 1993)

$$\log_{10} W_{18} + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32pt) \times \log_{10} \frac{S'c Cd [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 [D^{0,75} - \frac{18,42}{(\frac{Ec}{k})^{0,25}}]}$$

Dengan :

W_{18} = lalu lintas rancangan (ESAL)

Z_R = deviasi standar normal

S_o = standar deviasi keseluruhan

D = tebal plat beton (in)

Δ PSI = kehilangan kemampuan pelayanan = $P_o - P_t$

P_o = indeks kemampuan pelayanan awal

P_t = indeks kemampuan pelayanan akhir

Sc' = kuat lentur beton (psi)

Cd = koefisien drainase

J = koefisien transfer beban

E_c = modulus elastis beton (psi)

k = modulus reaksi tanah-dasar (pci)

2.5.2 Perencanaan Tebal Peverasan Kaku Metode Bina Marga 2017

Dalam perencanaan tebal pekerasan kaku dengan Metode Bina Marga 2017, Parameter perencanaan tebal pekerasan kaku antara lain :

2.6.2.1 Umur Rencana

Umur rencana adalah jangka waktu yang direncanakan selama struktur jalan dapat berfungsi dengan baik dan aman sesuai dengan tujuan desain awal. Pada pekerasan kaku (*Rigid Pavement*), umur rencana pekerasan sekitar 20-40 tahun. Dalam menentukan umur rencana pekerasan jalan harus memperhitungkan kapasitas jalan. Peverasan jalan harus disesuaikan dengan kondisi atau karakteristik lokal. Umur rencana pekerasan jalan baru dapat dinyatakan seperti pada Tabel 2.9 berikut :

Tabel 2. 12 Umur Rencana Pekerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Pekerasan	Elemen Pekerasan	Umur Rencana (tahun)
Pekerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir.	20
	Fondasi jalan	40
	Semua pekerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
	Cement Treated based (CTB)	
Pekerasan Kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

(Sumber : Manual Desain Pekerasan Jalan, 2017)

2.6.2.2 Lalu Lintas

1. Analisis Volume Lalu-Lintas

Parameter yang sangat penting dalam analisis struktur pekerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh pekerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survey yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana.

2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau melalui formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka digunakan **tabel 2.11** (2015-2035).

Tabel 2. 13 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Manual Desain Peralasan Jalan, 2017)

Jumlah kendaraan akan semakin mengalami pertumbuhan sesuai dengan umur jalan yang akan direncanakan. Sehingga perlu adanya perhitungan agar jalan yang direncanakan tetap memberikan masa layan yang optimal hingga batas umur rencana.

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dapat di hitung menggunakan persamaan berikut :

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

Dengan R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

3. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan factor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Faktor distribusi lajur digunakan untuk

menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 14 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

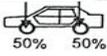
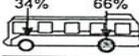
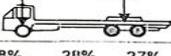
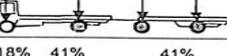
(Sumber : Manual Desain Pekerasan Jalan, 2017)

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

Pada saat desain pekerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban. Analisis struktur pekerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

5. Sebaran Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

Dalam pedoman desain pekerasan kaku (Pd T-14-2003), beban lalu lintas desain didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (*heavy vehicle axle group, HVAG*) dan bukan pada nilai ESA. Konfigurasi dalam pembebanan sumbu kendaraan dalam lalu lintas memiliki peran penting untuk perencanaan pekerasan kaku.

KONFIGURASI SUMBU & TYPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	<input type="radio"/> RODA TUNGGAL PADA UJUNG SUMBU <input checked="" type="radio"/> RODA GANDA PADA UJUNG SUMBU
1.1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1.2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1.2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1.2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1.22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1.2-2.2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1.2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1.2-2.2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

Gambar 2. 10 Konfigurasi Beban Sumbu

(Sumber : Manual Pakerasan Jalan dengan alat Benkelman beam No. 01/MN/BM/83)

7. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif adalah jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$ESA = (\sum LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Dengan ESA : kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen

LHR : lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga

VDF : faktor ekivalen beban

DD : faktor distribusi arah

DL : faktor distribusi lajur

CESAL : kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama UR

R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

2.6.2.3 CBR Rencana

Dalam perencanaan tebal pekerasan jalan, diperlukan lapisan penopang untuk mencapai nilai CBR desain sebesar 6%, sesuai dengan ketebalan minimum yang telah ditetapkan.

2.6.2.4 Penentuan Tebal Pekerasan Kaku

Dalam perencanaan pekerasan kaku jalan dengan variasi beban lalu lintas, baik yang ringan maupun yang berat, didasarkan pada pengelompokan sumbu kendaraan niaga. Dalam tabel 2.13 berikut merupakan ketentuan desain tebal pekerasan kaku.

Tabel 2. 15 Ketentuan Desain Tebal Pekerasan Kaku

Struktur Pekerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PEKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

(Sumber : Manual Desain Pekerasan Jalan, 2017)

2.7 Rencana Anggaran Biaya

Menurut (Firmansyah, 2011:25) Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan. Secara umum perhitungan RAB dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$RAB = \sum(\text{volume} \times \text{harga satuan pekerjaan})$$