BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek–aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efesiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan.

Dalam merencanakan suatu kontruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan, diantaranya data lalulintas, data topografi, data tanah dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu kontruksi jalan raya. Data-data ini sangat diperlukan dalam merencanakan kontruksi jalan raya karena data-data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan ketebalan perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu kontruksi jalan raya (Sukirman, Silvia, 1999)

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang harus diidentifikasi sebelum melakukan perencanaan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan dalam kota maupun luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/TBM/1997, Suatu ruas jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan atas beberapa macam yaitu:

1) Klasifikasi jalan menurut fungsinya
2) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan
3) Klasifikasi jalan menurut medan jalan
4) Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaan jalan

2.3 Kriteria Perencanaan Geometrik Jalan

Adapun parameter perencanaan geometrik jalan adalah sebagai berikut:

1) Kendaraan Rencana
2) Satuan Mobil Penumpang
3) Volume Lalu Lintas
4) Kecepatan Rencana

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi horizontal dari sumbu jalan tegak lurus bidang peta situasi jalan. Alinyemen horizontal merupakan trase jalan yang terdiri dari :

1) Penentuan Trase Jalan

   Pada perencanaan alinyemen horizontal pada seluruh bagian harus dapat memberikan pelayanan yang sesuai dengan fngsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya.

2) Tikungan, antara lain:
   a) Bentuk tikungan *full circle*
   b) Bentuk tikungan *spiral-circle-spiral*
   c) Bentuk tikungan *spiral-spiral*
3) Superelevasi

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar.

Maka persamaan umum dari lengkung vertikal, yaitu :

$$Y' = \pm\left[\frac{g_2 - g_1}{2.L}\right].X^2 \quad \text{.....(2.1)}$$

Lengkung vertikal terbagi atas :

1) Lengkung vertikal cembung
2) Lengkung vertikal cekung

$$EV = \frac{A.L}{800} \quad \text{.....(2.2)}$$

Dimana :

A = (g_1 + g_2)

L = Panjang lengkung vertikal

2.6 Perhitungan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalulintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalulintas ke tanah dasar.

Adapun yang akan dibahas yaitu persyaratan teknis perencanaan perkerasan kaku, bahu jalan, sambungan, perencanaan tebal perkerasan kaku, perencanaan tulangan. Persyaratan teknis perencanaan perkerasan jalan beton semen menurut Pd T-14-2003 adalah:

1) Nilai CBR
2) Lalu Lintas (Konfigurasi Sumbu Kendaraan)
3) Umur Rencana

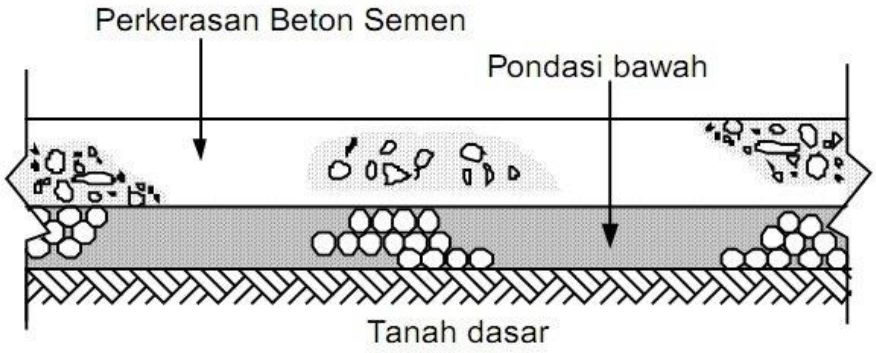
4) Pertumbuhan Lalu Lintas
5) Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi
6) Lalu Lintas Rencana
7) Faktor Keamanan Beban
8) Sambungan, terdiri dari:
    a) Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)
    b) Sambungan Pelaksanaan Memanjang
    c) Sambungan Susut Memanjang
    d) Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang
    e) Sambungan Susut Melintang
    f) Sambungan Pelaksanaan Melintang
    g) Sambungan Isolasi
    h) Penutup Sambungan

2.8 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement)*

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan dan menerus dengan tulangan terletak diatas lapisan pondasi bawah tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.

Bahan-bahan perkerasan kaku terdiri dari material agregat kasar (batu pecah)+pasir+semen+air dan *additive* atau tulangan jika diperlukan. Jenis perkerasan ini jauh lebih baik dibandingkan dengan perkerasan lentur, namun dari segi biaya perkerasan ini tergolong mahal.

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) biasanya terdiri dari plat beton semen (*slab*) yang dibangun langsung atau dengan perantara lapis pondasi diatas tanah dasar yang dipadatkan. Pada perkerasan kaku ini kekuatan memikul beban lebih tergantung pada kekuatan *slab* dalam menanggung momen lentur. Hal ini disebabkan kekuatan dan besarnya modulus elastisitas *slab* yang mengakibatkan penyebaran beban tanah dasar yang luas.



Gambar 2.1 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan pada perkiraan sebagai berikut:

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisi lalu lintas selama umur rencana.
2. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
3. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
4. Jenis bahu jalan.
5. Jenis perkerasan.
6. Jenis penyaluran beban.

Selain beberapa pertimbangan diatas ada beberapa keuntungan dan kerugian dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku.

Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:

1. *Life-cycle-cost* lebih murah dari pada perkerasan aspal.
2. Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air.
3. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemeliharaan.
4. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (*overloading*).
5. Memiliki umur rencana yang lebih lama.
6. Semen diproduksi dalam negeri sehingga tidak tergantung dari *import*.
7. Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan/ *environment* lebih menguntungkan.

Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu :

1. Permukaan perkerasan beton semen mempunyai *riding comfort* yang lebih jelek dari pada perkerasan aspal, yang akan sangat terasa melelahkan untuk perjalanan jauh.
2. Warna permukaan yang keputih-putihan menyilaukan di siang hari, dan marka jalan (putih/kuning) tidak kelihatan secara kontras.
3. Perbaikan kerusakan seringkali merupakan perbaikan keseluruhan konstruksi perkerasan sehingga akan sangat mengganggu lalu lintas.
4. Biaya yang dikeluarkan tergolong mahal.
5. Pelapisan ulang/ *overlay* tidak mudah dilakukan.
6. Perlunya waktu untuk menunggu perkerasan menjadi kaku ± 28 hari.
7. Perbaikan permukaan yang sudah halus (*polished*) hanya bisa dilakukan dengan *grinding machine* atau pelapisan ulang dengan campuran aspal, yang kedua-duanya memerlukan biaya yang cukup mahal.

2.8.1 **Jenis dan sifat perkerasan kaku**

Perkerasan kaku didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai lapisan dasar beton dari Portland cement, perkerasan kaku berfungsi menerima beban lalu lintas yang berada diatasnya dan menyebar kelapisan

bawah.

Perkerasan beton semen adalah perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapisan dasar. Menurut buku pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 ada empat jenis perkerasan kaku :

- Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- Perkerasan beton semen pra-tegang dengan tulang serat baja/fiber

Tujuh sifat campuran beton yang harus dimiliki perkerasan kaku adalah:

1) Stabilitas (*stability*)

Adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa

terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang alur, dan *bleeding*. Jalan yang melayani volume lalu lintas dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi

2) Keawetan (*durability*)

Adalah kemampuan beton menerima repetisi beban lalu lintas seperti beban kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air dan perubahan temperatur.

3) Kelenturan (*fleksibility*)

Adalah kemampuan beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak.

4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatique resistance*)

Adalah kemampuan beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

5) Kekesatan atau tahanan gesek (*skid resistance*)

Permukaan beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip.

6) Kedap air (*impermeabity)*

Adalah kemampuan beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton.

7) Mudah dilaksanakan (*Work Ability*)

Adalah kemampuan campuran beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan menentukan tingkat efesien.

2.8.2 Persyaratan teknis perencanaan perkerasan kaku

Menurut pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 terdapat beberapa persyaratan teknis dalam merencanakan perkerasan kaku, yaitu:

a. Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai

dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analitis.

a. Cara Grafis

   Metode grafis diperoleh dari data bermacam – macam jenis pada suatu seksi jalan tertentu. Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan cara menentukan harga CBR terendah, kemudian menentukan jumlah harga CBR yang sama dan yang lebih besar. Angka jumlah terbanyak dinyatakan dalam 100%, jumlah yang lain merupakan persentase dari 100%. Buatlah grafik hubungan antara nilai CBR dengan % jumlah dan akan diperoleh nilai CBR rerata dengan diambil angka persentasenya = 90%

b. Cara Analitis

   Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

   $$\overline{CBR} = CBR - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.27)$$

   Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.14 dibawah ini.

Tabel. 2.1 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96

(Sumber : Hendra Suryadharma, 1999)

b. Pondasi bawah

Lapis pondasi bawah berfungsi untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat mengurangi lendutan pada sambungan-sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam waktu lama, menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar akibat pemuaian dan penyusutan serta mencegah keluarnya air atau *pumping* pada sambungan pada tepi- tepi pelat beton.

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

1) Bahan berbutir

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%.

2) Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat *(Lean Rolled*

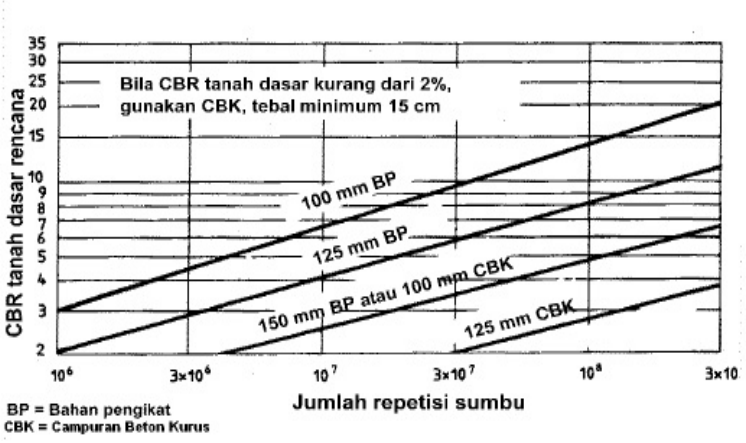
Concrete)

- Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau *slag* yang dihaluskan.
- Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm^2).

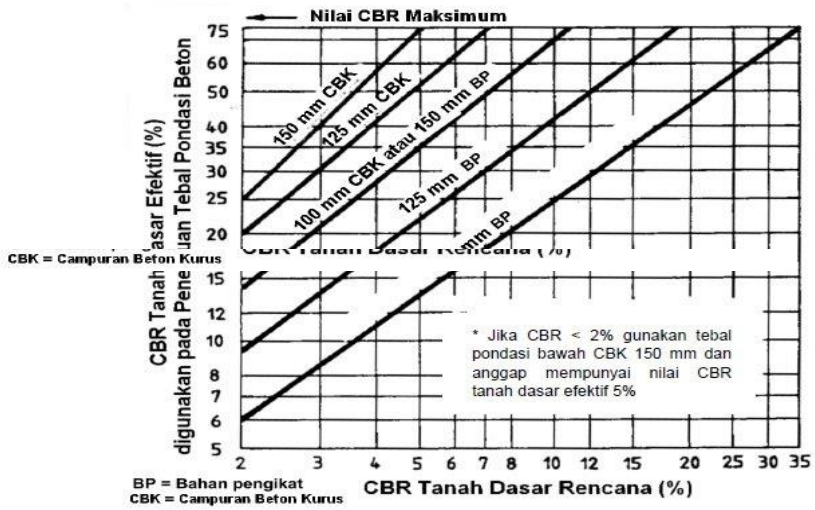
3) Campuran beton kurus *(Lean Mix Concrete)*

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm^2) tanpa kenggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm^2) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.1 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.2



Gambar 2.2 Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk beton Semen



Gambar 2.3 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

c. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78)yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm^2). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm^2). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm^2) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$$F_{cf} = K\,(f\,c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau} \quad \text{.....(2.28)}$$

$$F_{cf} = 3{,}13\,K\,(f\,c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau} \quad \text{.....(2.29)}$$

Dimana:

fc’ = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm^2)

fcf = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm^2)

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

d. Lalu – lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (SGRG)

e. Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefsien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.15.

Tabel 2.2 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (nl)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
Lp < 5,50 m	1 lajur	1	1
5,50 m ≤ Lp < 8,25 m	2 lajur	0,70	0,50
8,25 m ≤ Lp < 11,25 m	3 lajur	0,50	0,475
11,23 m ≤ Lp < 15,00 m	4 lajur	-	0,45
15,00 m ≤ Lp < 18,75 m	5 lajur	-	0,425
18,75 m ≤ Lp < 22,00 m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

f. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio, Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

g. Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai denga faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{\ln(1+i)} \quad \text{.....(2.30)}$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.3. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

h. Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad \text{…….....…..} \quad (2.31)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

JSKNH = Jumlah sumbu kendaran niaga harian, pada saat jalan dibuka

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

C = Koefisien distribusi kendaraan.

i . Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti telihat pada Tabel 2.23.

Tabel 2.4 Faktor Keamanan Beban (F_{kb})

No	Penggunaan	Nilai F_{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama *(major freeway)* dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban *(weight- in-motion)* dan adanya kemungkinan route alternative,	1,2
2	Jalan bebas hambatan *(freeway)* dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.8.3 Bahu jalan

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

2.8.4 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

a. Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU- 24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$At = 204 \times b \times h$ …….....….....(2.32)

$l = (38{,}3 \times \varphi) + 75$ ……..... (2.33)

Dimana :

At = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm2).

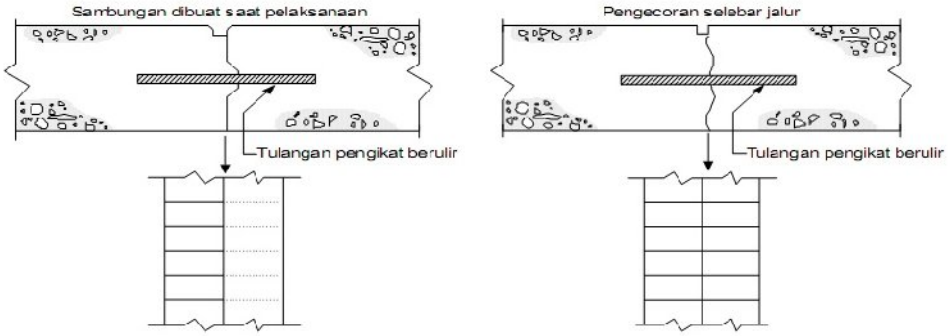
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

Ø = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

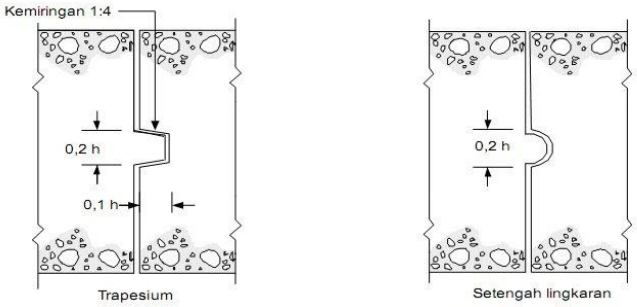
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Tipikal Sambungan Memanjang

b. Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

c. Sambungan Susut Memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

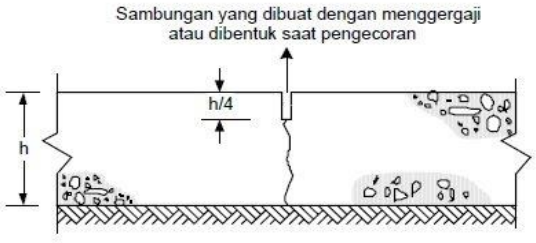
d. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

e. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.4 dan gambar 2.5

Gambar 2.6 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



Gambar 2.7 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8-15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. 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 saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.5

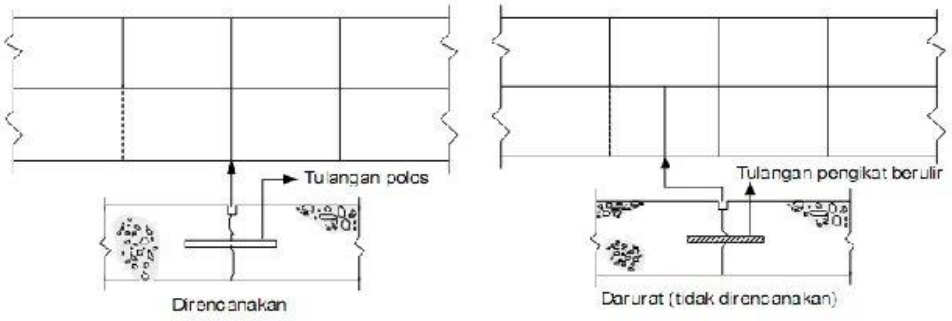
Tabel 2.5 Diameter Ruji

No.	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33

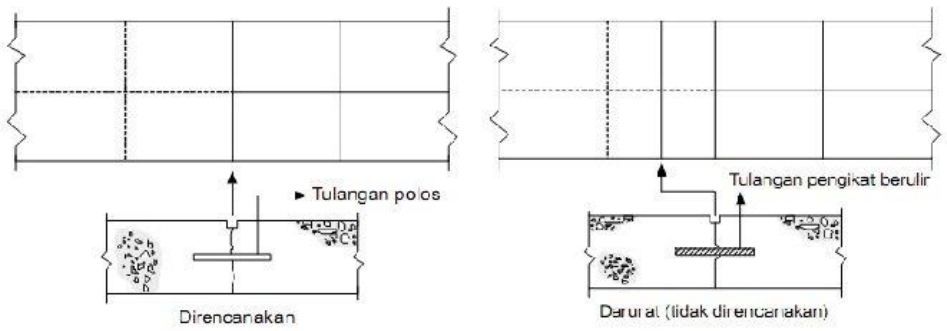
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

f. Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



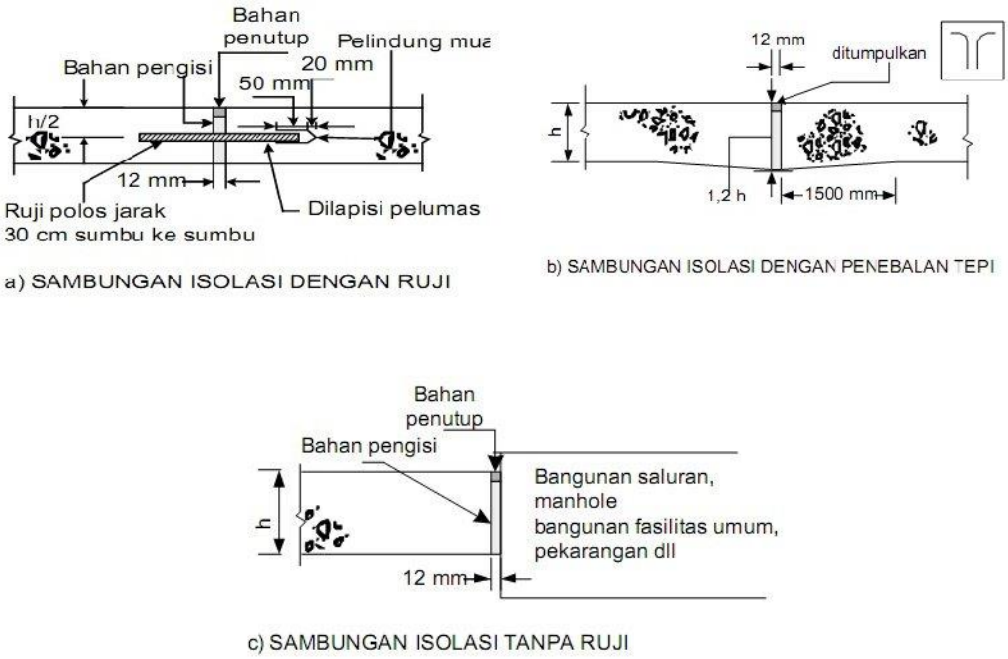
Gambar 2.8 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



Gambar 2.9 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

g. Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.25.

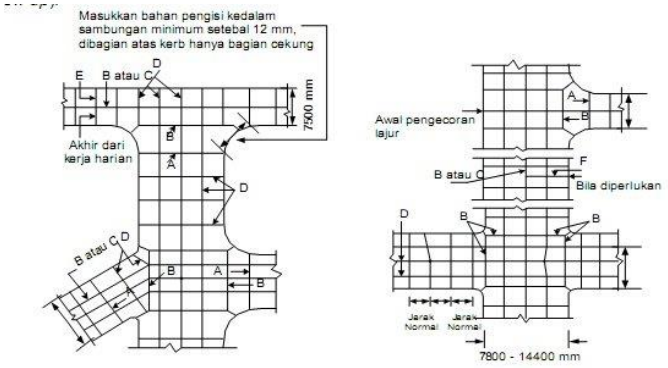


Gambar 2.10. Sambungan Isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu diberi bahan pengisi (*joint filler*).

h. Penutup Sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda – benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas *(low up)*



Gambar 2.11 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

Keterangan :

A = Sambungan Isolasi

B = Sambungan Pelaksanaan Memanjang

C = Sambungan Susut Memanjang

D = Sambungan Susut Melintang

E = Sambungan Susut Melintang yang direncanakan

F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan

2.8.5 Perencanaan tebal plat

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

2.8.6 Perencanaan tulangan

Banyaknya tulangan baja yang didistribusikan ditentukan oleh jarak sambungan susut dalam hal ini dimungkinkan pengunaan pelat lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

Tujuan utama penulangan untuk :

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan

- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
- Mengurangi biaya pemeliharaan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut. Perencanaan tulangan dilaksanakan berdasarkan jenis perkerasan kaku, yaitu :

a. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

1) Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), pelat disebut besar dari 1,25, atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.tidak lazim bila perbadingan antara panjang dengan lebar lebih

2) Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*).

3) Pelat berlubang (*pits or structures*)

b. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan :

$$As = \frac{\mu.L.M.g.h}{2.fs} \quad \text{.....(2.34)}$$

Dimana :

As = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)

fs = kuat-tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh

g = gravitasi (m/detik)

h = tebal pelat beton (m)

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

M = berat per satuan volume pelat (kg/m^3)

μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Adapun nilai koefisien gesek antara pelat beton (*slab*) dengan lapisan pondasi dibawahnya dapat dilihat pada tabel 2.19 dibawah ini :

Tabel 2.6 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

No	Lapis pemecah ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal diatas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (*A chlorinated rubber curing*	2,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

- Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut $P_S = \frac{100.fct.(1{,}3 \times 0{,}2)}{fy = n \times fct}$ .....(2.35)

Dimana :

Ps = Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadan luas penampang %

fct = kuat tarik langsung beton = (0,4 – 0,5 fcf) (kg/cm^2)

fy = tegangan leleh rencana baja (kg/cm2)

n = angka ekivalensi antara baja dan beton (Es/Ec), dapat

dilihat pada tabel 2.25

μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

Es = modulus elastisitas baja = 2,1 x 106 (kg/cm^2)

Ec = modulus elastisitas beton = 1485 √ f'c (kg/cm^2)

Tabel 2.7 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekivalen Baja/Beton (n)

f'c (kg/cm2)	N
175 – 225	1
235 – 285	8
290 - katas	6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$Lcr = \frac{fcr^2}{N \cdot P^2.FB.(S.Ec - fct)} \quad \text{.....(2.36)}$$

Dimana :

Lcr = jarak teoritis antara retakan (cm)

p = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

u = perbandingan keliling terhadap luas tulangan = 4/d

fb = tegangan lekat antara tulangan dengan beton = (1,97√f'c)/d. (kg/cm^2)

S = koefisien susut beton = (400.10^{-6})

fct = kuat tarik langsung beton = (0,4 – 0,5 fcf) (kg/cm^2)

n = angka ekivalensi antara baja dan beton = (Es/Ec)

Ec = modulus Elastisitas beton =$14850\sqrt{}$ f'c (kg/cm^2)

Es = modulus Elastisitas baja = $2,1x10^6$ (kg/cm^2)

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka :

- Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar.
- Perlu menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi.

Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 m - 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12mm dan 20mm.

- Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (As) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan rumus 2.33. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

1) Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
2) Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

- Penempatan tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. Tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

d. Perkerasan beton semen pra-tegang

Suatu struktur perkerasan jalan beton semen menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel-kabel pratekan guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembapan. Perkerasan beton semen prategang merupakan tipe perkerasan yang telah dan tengah dikembangkan lagi, baik untuk perencanaan jalan baru maupun untuk pemeliharaan, misalnya penggantian pelat beton tertentu yang mengalami kerusakan. Perencanaan jalan beton dengan metoda pracetak–prategang ini, sebagaimana halnya pada konstruksi yang menggunakan sistim prategang, dimaksudkan untuk memberi tekanan awal pada beton sehingga tegangan tarik yang terjadi pada konstruksi perkerasan beton tersebut bisa diimbangi oleh tegangan awal dan kekuatan tarik dari beton itu sendiri (Furqon Affandi, 2009).

Perkerasan beton dengan sistim pracetak–prategang ini mempunyai beberapa keuntungan, seperti:

1. Mutu beton akan lebih terkontrol, karena dicetak di pabrik.
2. Pelat beton menjadi lebih tipis, sehingga keperluan bahan akan lebih sedikit.
3. Retak yang terjadi bisa lebih kecil, karena ada tekanan dari baja yang ditegangkan.
4. Pelaksanaan di lapangan akan lebih cepat, dan pembukaan untuk lalu lintas pun akan lebih cepat pula.
5. Gangguan terhadap lalu lintas, selama pelaksanaan di lapangan bisa diminimalkan karena pembangunan bisa lebih cepat.
6. Kenyamanan pengguna jalan akan meningkat, karena sambungan antar pelat lebih panjang.

Hal yang harus mendapat perhatian lebih lanjut adalah:

1. Diperlukannya ketelitian dalam pembentukan tanah dasar dan lapisan pondasi.
2. Diperlukannya ketelitian pada pembentukan pelat di pabrik.

2.9 Bangunan Pelengkap jalan

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamana pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

2.9.1 Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Ada dua jenis drainase yaitu :

a) Drainase Permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada dipermukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

1. Saluran Samping

   Saluran samping adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan.

2. Saluran Pembuang

   Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ke tempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

3. Saluran Penangkap

   Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.

4. Gorong – gorong

   Gorong – gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi

untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi jalan lainnya.

b) Drainase bawah

Drainase bawah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan badan jalan karena letaknya ada dibawah permukaan jalan yang biasa berfungsi penunjang utama dalam mengalirkan air.

2.9.2 Prinsip dan pertimbangan perencanaan drainase

a. Prinsip-prinsip umum perencanaan drainase :

- ✓ Penggunaan yang efektif dan efisien

Perencanaan drainase haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuangan air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.

- ✓ Ekonomis dan aman

Pemeliharaan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanan.

- ✓ Pemeliharaan

Perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonomis dari pemeliharaan system drainase tersebut.

b. Pertimbangan dalam perencanaan drainase :

- ✓ Pada daerah yang datar dan lurus

Penanganan pengendalian air untuk daerah ini biasanya dengan membuat kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan menurun/ melandai ke arah selokan samping.Besarnya kemiringan bahu jalan biasanya diambil 2% lebih besar daripada kemiringan permukaan jalan.

- ✓ Daerah jalan yang lurus pada tanjakan/penurunan

Penanganan pengendalian air pada daerah ini perlu mempertimbangkan pula besarnya kemiringan alinyemen vertikal jalan yang berupa tanjakan dan turunan agar aliran air secepatnya bisa mengalir secara ke selokan samping. Untuk itu maka

kemiringan melintang perkerasan jalan disarankan agar menggunakan nilai-nilai maksimum.

- ✓ Pada daerah tikungan

Kemiringan melintang pada perkerasan jalan pada daerah ini harus mempertimbangkan pula kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horizontal jalan, karena kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun/melandai kesisi dalam tikungan.

Besarnya kemiringan pada daerah ini ditentukan oleh nilai maksimum dari kebutuhan kemiringan alinyemen horizontal atau kebutuhan kemiringan menurut keperluan drainase. Besarnya kemiringan melintang perkerasan/bahu jalan pada daerah tikungan.

2.9.3 Persyaratan teknis perencanaan drainase

Menurut Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006 hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan di bawah ini:

1. Plot rute jalan di peta topografi (L)

a. Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.

b. Kondisi terrain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi poal aliran.

2. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong jembatan, dll.)

Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perencanaan system drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.

3. Segmen panjang segmen saluran (L)

Penentuan panjang segmen saluran(L) didasarkan pada:

a. Kemiringan rute jalan, disarankan kemiringan saluran mendekati kemiringan rute jalan.
b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll).
c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis

4. Luas daerah layanan (A)

a. Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
b. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
c. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A_1), luas bahu jalan (A_2) dan luas daerah di sekitar (A_3).
d. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l_1) lebar bahu jalan (l_2) dan daerah sekitar (l_3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
e. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A_3).

5. Koefisien pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran.

Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi di daerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan permeabilitas tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

6. Faktor limpasan (fk)

a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien run off biasa dengan tujuan agar kinerja saturan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengatiran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.21.

Tabel 2.8 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor
	BAHAN		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	
3	Bahu jalan :		
	dari tanah berbutir halus	0,40– 0,65	
	dari tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	
	dari batuan masif keras	0,70 – 0,85	
	dari batuan masif lunak	0,60 – 0,75	
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industry	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,45 – 0,60	0,2
7	Persawahan	0,70 – 0,80	0,5

8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Keterangan:

- Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.
- Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan.

b. Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut.

$$C = C_1A_1+C_2A_2+C_3A_3 / A_1+A_2+A_3 \text{ ……...(2.37)}$$

Dimana :

C1, C2, C3, = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A1,A2,A3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

1. Waktu Konsetrasi (T_c)

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*run off*) setelah melewati titik-titik tertentu.

Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan ini.

$$T_C = t_1 + t_2 \text{ atau } Tc = t_o + t_d \text{.....(2.38)}$$

$t1 = \frac{2}{3}$x 3,28 x lo x $\frac{nd}{\sqrt{is}})^{0,16}$……..……(2.37)

$t2 = \frac{L}{60\ x\ V}$……...……(2.38)

Dimana :

Tc = waktu konsentrasi (menit)

t_1/ t_o = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2/ t_d = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

lo = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien hambatan

i_s = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.9. Kemiringan Saluran Memanjang (i_s)

No	Jenis material	Kemirigan saluran i_s (%)
1	Tanah asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Tabel 2.10. Koefisien Hambatan (nd)

No	Kondisi lapis permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600

7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan	0,800

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

8. Analisa hidrologi

a. Data curah hujan

- ✓ Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang tedetak pada daerah layanan saluran samping jalan.
- ✓ Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun diluar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

b. Periode ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun, disesuaikan dengan peruntukannya.

c. Analisis frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut (Sri Harto, 1993).

d. Intensitas curah hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun

waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari.

Formulasi perhitungan intensitas curah hujan perhitungan ini dilakukan sesuai SNI 03-241-1991, metode perhitungan debit banjir

9. Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan rumus:

Q = 1/3,6 C.I.A……(2.39)

Dimana :

Q = debit aliran air (m^3/detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C_1, C_2, C_3

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiri atas A_1, A_2,A_3

2.9.4 Kriteria perencanaan saluran samping dan gorong-gorong

Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka (*open channel*), yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong.

a. Saluran samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. Seperti pada tabel 2.24

Tabel 2.11 Aliran Air yang Dizinkan

No	Jenis Material	V izin (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60

4	Krikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Krikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Kemiringan Saluran Air Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan saluran (%)
1	Tanah asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	>7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Penampang minimum saluran 0,50 m^2.

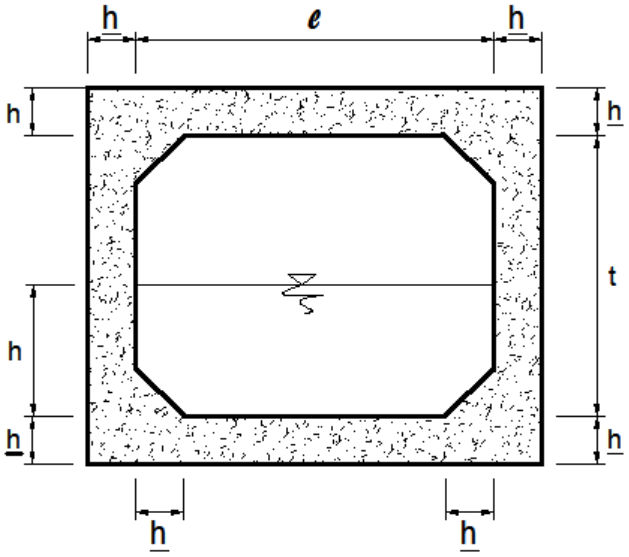
c. Gorong-gorong

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewatkan debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen. dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong dianjurkan berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan ,sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong.

1. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang

Pada umunya struktur beton bertulang mengalami tegangan tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-baya luar yang ada. Tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut ditahan oleh tuulangan tarik yang ada pada striktur beton bertulang.

Kontruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe single, Panjang gorong-gorong persegi , merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsinya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti terlihat pada Gambar 2.12 dan tabel sebagai berikut :



Gambar 2.12 Sketsa dengan Bentuk persegi

Tabel 2.13 Ukuran Dimensi gorong-gorong

Tipe single		
L	T	h
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber : Standar Gorong-gorong persegi tipe single,SNI PU)

Penulangan gorong-gorong persegi beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dilaksanakan dan mendapatkan hasil yang rapi sesuai dengan yang direncanakan. Pengunaan diameter tulangan berkisar antara 19 mm, 16 mm, 12 mm dan 10 mm untuk menghinadri penggunaan tulangan dengan ukuran dan diameter yang beragam.

Bentuk segmen penulangan yang sederhana dan praktis di beberapa segmen gorong-gorong dan beratnya diperhitungakan sedemikian rupa sehingga mudah . dimensi tulangan dapat kita lihat pada tabel 2.14 sebagai berikut :

IV. DAFTAR VOLUME BETON DAN BERAT BESI TULANGAN YANG DIGUNAKAN

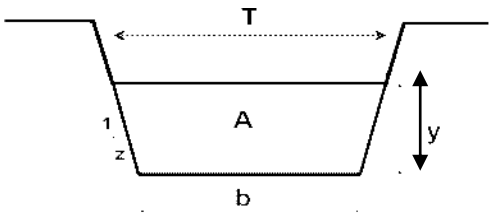
Tipe Single			V. Box per m [m^3]	V. Sayap Total [m^3]	Volume Beton untuk Lebar Perkerasan Jalan [m^3]				Berat Besi Tulangan untuk Box per m [kg]				Berat Besi Tulangan pada Sayap [kg]			Berat Besi Tulangan Total untuk Lebar Perkerasan Jalan [kg]			
ℓ	t	h			3.5 m	4.5 m	6.0 m	7.0 m	ϕ10mm	ϕ12mm	ϕ16mm	ϕ19mm	ϕ10mm	ϕ12mm	ϕ16mm	3.5 m	4.5 m	6.0 m	7.0 m
100	100	16	0.794	3.255	8.10	8.89	10.08	10.87	73	0	40	0	649	0	0	1340	1453	1623	1737
100	150	17	1.023	4.652	10.89	11.92	13.45	14.48	84	0	53	0	694	0	0	1534	1672	1878	2016
100	200	18	1.274	6.385	14.16	15.43	17.35	18.62	98	0	68	0	0	0	626	1638	1804	2053	2219
200	100	22	1.610	4.583	14.41	16.02	18.43	20.04	92	0	0	80	679	0	0	1728	1900	2158	2330
200	150	23	1.927	6.084	17.84	19.77	22.66	24.59	119	0	0	93	558	0	0	1852	2064	2382	2594
200	200	25	2.375	8.025	22.51	24.89	28.45	30.83	133	0	0	109	558	0	664	2699	2941	3305	3547
200	250	26	2.746	10.218	26.97	29.71	33.83	36.58	144	0	0	125	550	14	878	3079	3347	3749	4017
200	300	28	3.270	12.888	32.84	36.11	41.01	44.28	158	0	0	156	550	14	1972	4449	4763	5233	5547
300	150	28	2.990	7.362	25.60	28.59	33.08	36.07	145	0	0	140	758	14	0	2511	2797	3224	3510
300	200	30	3.540	9.384	30.98	34.52	39.83	43.37	156	0	0	153	661	14	272	2834	3143	3607	3916
300	250	30	3.840	11.544	34.97	38.81	44.57	48.41	166	0	120	0	560	0	790	3090	3376	3804	4089
300	300	30	4.140	14.004	39.26	43.40	49.61	53.75	81	136	131	0	550	14	2528	5213	5561	6082	6430

Catatan : Vbox per m = Volume beton yang dibutuhkan untuk gorong-gorong persegi tipe single selebar 1 meter.
Vsayap total = Volume beton yang dibutuhkan untuk kedua sayap (kiri dan kanan)
Bagi lebar perkerasan jalan yang tidak tercantum dalam tabel di atas, maka volume beton gorong-gorong persegi dihitung dengan rumus sebagai berikut :
Vbox per m x {"**lebar perkerasan jalan yang sesuai**" + 2 (1.00 + 0.30) } + Vsayap total [meter kubik]

2.9.5 Desain saluran samping dan gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1) Saluran bentuk trapesium (saluran samping) :



Gambar 2.27 Saluran dengan Bentuk Trapesium

A = (b + z.y) y .....(2.42)

t = b + 2zy .....(2.43)

D = $\frac{A}{T}$..... (2.44)

V = Kst. $R^{2/3}.I^{1/2}$.....(2.45)

Q = V.A .....(2.46)

Penampang ekonomis:

b + 2zy = 2 y $\sqrt{z^2+1}$..... (2.47)

Tinggi Jagaan :

W = $\sqrt{0{,}5\ x\ h}$..... (2.48)

Dimana :

A = Luas penampang melintang (m^2)

b = lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D = kedalaman hidrolis (m)

V = kecepatan rata-rata aliran (m/dt)

I = kemiringan dasar saluran

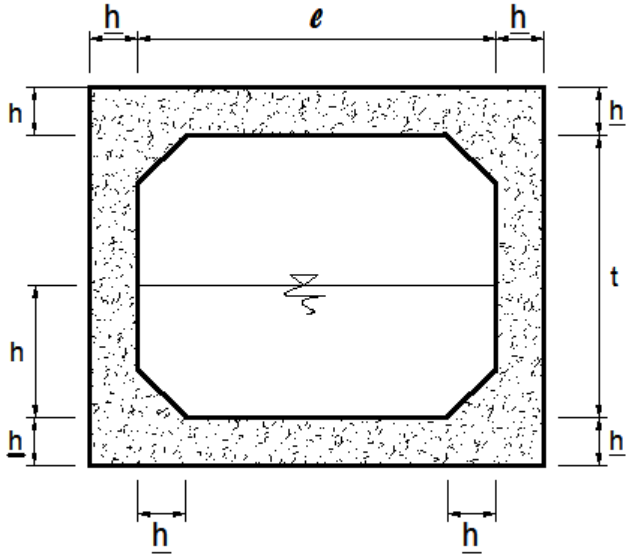
Q = debit aliran air (m^3/detik)

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

h = tinggi muka air (m)

2) Gorong-gorong bentuk Persegi (*box culvert)* :



Gambar 2.14 Sketsa dengan Bentuk persegi

A = Q/V..... .....(2.49)

b = 2h..... .....(2.50)

A = l x h .....(2.51)

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[\frac{24}{tc}\right]^{2/3} \quad \text{.....(2.52)}$$

Tinggi Jagaan :

$W = \sqrt{0.5\ x\ h}$ .....(2.53)

Dimana :

A = luas penampang melintang (m^2)

l = lebar saluran (m)

V = kecepatan rata-rata aliran (m/dt)

W = tinggi jagaan

ɦ = tinggi muka air (m)

h = tebal penampang saluran (cm)

I = intensitas curah hujan

2.9.6 Marka dan rambu jalan

Jalan merupakan bangunan yang dibuat untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas perhubungan dan kegunaannya adalah sebagai penyambung badan jalan yang terputus karena adanya aliran sungai yang melintas badan jalan.

Maka dari itu diperlukan sinyal atau pun tanda untuk memperjelas peringatan yang ada di jalan seperti pada daerah tikungan, tanjakan, turunan, dan lain-lain. Sekipun marka dan rambu jalan ini hanya merupakan bangunan pelengkap, tetapi memberikan konstribusi yang besar terhadap keamanan dan kenyamanan para pengendara dalam tanda, pengaturan dan peringatan dalam berlalu lintas

2.10 Bangunan Pelengkap Jalan

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagan dari jalan yang dibangun sesuai dengan persyaratan teknik, antara lain saluran samping, gorong-gorong *(box culvert)*, tempat parkir, pagar pengaman, dan dinding panahan tanah. Dalam merencanakan drainase, gorong-gorong diperlukan data salah satunya ialah curah hujan di suatu daerha tersebut.

2.11 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya dari suatu pekerjaan yang dihitung berdasarkan volume pekerjaan, upah pekerja, harga material dan lain-lain.

2.12 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja.