

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu aktivitas yang sangat diperlukan dalam kehidupan setiap orang. Sarana transportasi menunjukkan hubungan yang erat dengan gaya hidup, jangkauan dan lokasi dari aktivitas produksi serta hiburan.

Jadi pengenalan terhadap teknologi transportasi yang baru atau yang ditingkatkan sangat berkorelasi erat dengan peradaban modern. Dalam banyak hal, kebutuhan baru akan transportasi telah membawa kita kepada suatu pengembangan teknologi baru yang dapat memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut.

Untuk dimasa sekarang perkembangan dalam sektor transportasi telah mengalami kemajuan dan perkembangan yang pesat, sehingga hubungan antara satu tempat dengan tempat lain mudah untuk dijangkau. Kemudahan dibidang transportasi akan mempunyai dampak positif bagi masyarakat yang bersangkutan terutama dalam sektor perekonomian dan sosial, sehingga perkembangan daerah tersebut akan lebih cepat.

Kota Yogyakarta yang menyandang predikat sebagai kota budaya, pelajar dan pariwisata dari hari kehari terus berkembang dan jalan-jalan yang ada sepertinya tidak pernah sepi dari hilir mudiknya berbagai jenis kendaraan. Kenyataan menunjukkan bahwa sebagian ruas jalan di Yogya-

karta terdiri atas lalu-lintas tercampur. Kendaraan lambat terutama kendaraan tak bermotor bercampur dengan kendaraan cepat baik lalu-lintas lokal maupun lalu-lintas antar kota, sehingga jalan tidak memberikan fasilitas kenyamanan, keamanan dan nilai ekonomis bagi pemakai jalan.

Dilihat dari kenyataan yang ada sekarang, peranan jalan lingkar utara sebagai jalan yang berfungsi untuk mengalihkan lalu-lintas jarak jauh cukup memegang peranan penting. Dan kapasitas kendaraan yang melalui jalan lingkar utara ini semakin besar. Untuk itu diperlukannya suatu tinjauan ulang mengenai kondisi geometrik dan perkerasan yang ada sekarang ini. Sehingga persyaratan suatu jalan yang aman, nyaman dan ekonomis dapat terpenuhi dengan baik.

Untuk perkerasan lentur jalan raya, dari tahun-ketahun mengalami perkembangan yang cukup pesat, di Indonesia saja dikenal banyak metoda. Sebagai analisis kami mengambil dua metoda yaitu metoda Bina Marga 1987 dan Road Note 31, yang akan dihitung tebal perkerasannya serta biaya konstruksi awal dari masing-masing metoda tersebut. Yang nantinya dapat dibandingkan cara mana yang tepat dan ekonomis untuk dapat diterapkan.

B. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan ini adalah :

1. Mengetahui keadaan geometrik jalan lingkar utara, yang kemudian dianalisis dengan teori yang ada.

2. Mengetahui struktur perkerasan jalan yang ada, dan dicoba menghitung tebal perkerasan dengan metoda Bina Marga 1987 dan Road Note 31, dan kemudian membandingkan biaya konstruksinya.
3. Menghitung kembali dimensi dari saluran drainasi jalan tersebut.

C. Batasan Masalah

Karena luasnya bahasan yang akan timbul, untuk itu perlu adanya pembatasan masalah dengan maksud untuk membatasi ruang lingkup permasalahan. Masalah yang akan dibahas meliputi :

1. Perencanaan geometrik jalan, baik itu alinyemen vertikal maupun alinyemen horizontalnya.
2. Perencanaan tebal perkerasan, yaitu dengan merencanakan ulang dengan metoda Bina Marga 1987 dan Road Note 31..
3. Membandingkan biaya konstruksi awal masing-masing metoda, dengan kondisi yang sama dan harga satuan yang berlaku saat ini.
4. Karena panjang jalan Lingkar Utara cukup panjang, maka kami hanya meninjau mulai dari persimpangan jalan Kaliurang sampai persimpangan jalan di Monumen Yogya Kembali.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perencanaan Geometrik Jalan Raya

Perencanaan geometrik jalan adalah bagian dari perencanaan jalan, dimana dimensi yang nyata dari suatu jalan beserta bagian-bagiannya disesuaikan dengan susunan serta sifat-sifat yang melaluinya. Perencanaan geometrik jalan secara umum adalah menyangkut aspek-aspek perencanaan bagian-bagian jalan, seperti: lebar jalan, tikungan, kelandaian, jarak pandangan dan lain-lain.

Untuk perencanaan jalan ini digunakan standar perencanaan yang ada agar sesuai dengan peraturan-peraturan yang telah ditetapkan.

Standar yang digunakan adalah :

- a. Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13/1970. Dirjen Bina Marga.
- b. Pedoman Penetapan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya No.01/PD/B/1983. Dirjen Bina Marga.

Karena peraturan resmi tentang "*Perencanaan Geometrik Jalan Raya*" telah ditetapkan oleh Dirjen Bina Marga, maka semua perencanaan jalan di Indonesia harus didasarkan pada peraturan tersebut yang meliputi :

1. Ketentuan - Ketentuan Dasar

Ketentuan-ketentuan dasar ini merupakan syarat batas, sehingga penggunaannya pun harus dibatasi sesedikit mungkin agar dapat menghasilkan jalan yang memuaskan. Ketentuan -

ketentuan dasar peraturan geometrik jalan raya adalah sebagaimana tercantum dalam PPGJR daftar I (lihat lamp 1).

a. Jarak pandangan

Jarak pandangan adalah panjang jalan yang terlihat didepan pengemudi setiap waktu. Kemungkinan untuk melihat kedepan adalah faktor penting dalam suatu operasi di jalan agar tercapai keadaan yang aman dan efisien, untuk ini harus diadakan jarak pandangan yang cukup panjang sehingga pengemudi dapat memilih kecepatan dari kendaraan dan tidak menabrak barang tak terduga di jalan. Demikian pula jalan pada dua jalur yang memungkinkan pengendara berjalan diatas jalur berlawanan untuk menyiap kendaraan dengan aman. Syarat jarak pandangan yang diperlukan dalam perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut :

1). Jarak Pandangan Henti (JPH), adalah jarak pandangan minimum yang harus tersedia di jalan raya sedemikian sehingga pengemudi dapat memberhentikan kendaraan tanpa tabrakan, jarak ini merupakan jumlah dua jarak, yaitu :

1. Jarak pengemudi mulai melihat halangan.
2. Jarak pengemudi berhenti setelah menginjak rem.

Jarak pandangan henti dihitung dengan rumus :

$$d = d_1 + d_2 \dots\dots\dots 2.1.$$

$$d_1 = 0,278.V_r.t \dots\dots\dots 2.2.$$

$$d_2 = \frac{V_r^2}{254.f} \dots\dots\dots 2.3.$$

$$t = t_1 + t_2 \dots\dots\dots 2.4.$$

dengan notasi :

d = Jarak pandangan henti dalam meter.

d_1 = Jarak yang ditempuh kendaraan dari waktu pengemudi melihat rintangan dimana harus berhenti sampai menginjak rem (meter).

d_2 = Jarak yang diperlukan untuk berhenti setelah pengemudi menginjak rem (meter).

V_r = Kecepatan rencana (Km/Jam).

t = Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak d_1 (detik).

t_1 = Waktu sadar, yaitu waktu permulaan melihat rintangan sampai keputusan harus mengerem (detik).

t_2 = Waktu reaksi mengerem (detik).

f_n = Koefisien gesek antara ban dengan permukaan jalan. Diambil dari tabel AASHO, hubungan antara kecepatan dan koefisien gesekan normal, untuk lebih aman diambil pada perkerasan basah. Tabel dapat dilihat pada lampiran 2.

untuk daerah landai rumus diatas dirubah menjadi :

$$d = 0,278.V_r.t + \frac{V_r^2}{254 (f_n \pm 0,01n)} \dots\dots\dots 2.5.$$

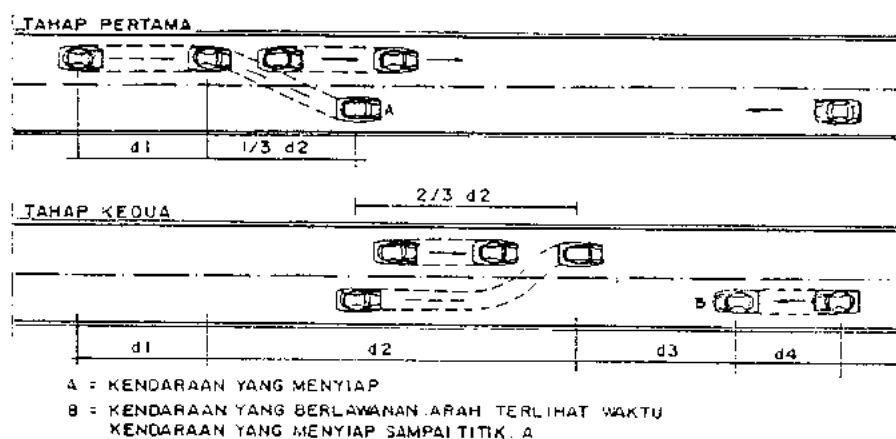
n = landai jalan (%).

$+$ = menunjukkan daerah tanjakan.

$-$ = menunjukkan daerah turunan.

2). Jarak Pandangan Menyiap (JPM), adalah jarak minimum yang diperlukan oleh pengemudi untuk menyiap kendaraan lambat didepannya dan juga aman terhadap kendaraan yang

berlawanan arah. Kalau semua kendaraan berjalan dengan kecepatan rencana maka jarak pandangan menyiap tidak diperlukan. Tetapi dalam kenyataan tidak demikian ada yang berjalan dengan kecepatan rencana dan ada yang tidak, karena itu diperlukan pandangan menyiap. Jarak pandangan menyiap minimum dihitung dari penjumlahan 4 jarak :



Gambar 2.1. Jarak pandangan menyiap.

Jarak pandangan menyiap dihitung dengan rumus :

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots 2.6.$$

$$d_1 = 0,278 t_1 (V_r - m + (a \times t_1)/2) \dots\dots\dots 2.7.$$

$$d_2 = 0,278 V_r \cdot t_2 \dots\dots\dots 2.8.$$

$$d_3 = 30 - 100 \text{ meter.} \dots\dots\dots 2.9.$$

$$d_4 = 2/3 d_2 \dots\dots\dots 2.10.$$

Untuk jalan raya 3 jalur yang diperhitungkan jumlah $d_1 + d_2 + d_3$ saja dan panjang pandangan menyiap lebih kecil dari jarak pandangan menyiap untuk jalan raya 2 jalur.

Dengan notasi :

$$d = \text{jarak pandangan menyiap (meter).}$$

d_1 = Jarak yang ditempuh selama akan menyiap (meter).

d_2 = Jarak yang ditempuh selama penyiapan (meter).

d_3 = Jarak bebas

m = Perbedaan kecepatan kendaraan yang disiap dengan yang menyiap (15 Km/jam).

a = Percepatan rata-rata (Km/jam.dt).

V_r = Kecepatan rencana (Km/jam).

t_1 = Waktu reaksi pengemudi selama kendaraan belakang membuntuti sampai suatu titik akan beralih ke jalur lawan (detik). Besarnya tergantung perencanaan dan berkisar antara 1,7 - 4,3 detik, (diambil 2,5 dt).

t_2 = Waktu kendaraan menyiap di jalur kanan (detik). Dari hasil pengamatan besarnya antara 9,3 - 10,4 detik.

b. Penampang Melintang

Penampang melintang suatu jalan adalah potongan suatu jalan tegak lurus pada sumbu jalan, yang menunjukkan bentuk serta susunan bagian-bagian jalan yang bersangkutan dalam arah melintang. Penampang melintang jalan ini akan menunjukkan lebar daerah penguasaan jalan atau "Right of Way" (ROW). Namun begitu bagian-bagian jalan yang langsung berguna untuk lalu lintas adalah sebagai berikut :

1) Jalur Lalu lintas.

Jalur lalu lintas (*Travelled Way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur kendaraan. Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati

oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah. Jadi jumlah lajur minimal untuk jalan 2 arah adalah 2 dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah. Jalur lalulintas untuk 1 arah minimal terdiri dari 1 lajur lalulintas.

a) Lebar lajur.

Lebar lajur lalulintas merupakan bagian yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan. Besarnya lebar lalulintas hanya dapat ditentukan dengan pengamatan langsung dilapangan karena :

- Lintasan kendaraan yang satu tidak mungkin akan dapat diikuti oleh lintasan kendaraan lain dengan tepat.
- Lajur lalulintas tak mungkin tepat sama dengan lebar kendaraan maksimum. Untuk keamanan dan kenyamanan setiap pengemudi membutuhkan ruang gerak antara kendaraan.
- Lintasan kendaraan tak mungkin dibuat tetap sejajar sumbu lajur lalulintas, karena kendaraan selam bergerak akan mengalami gaya-gaya samping seperti gaya sentrifugal di tikungan, gaya angin akibat kendaraan lain yang menyiap, dan tidak rataanya permukaan jalan.

Lebar kendaraan penumpang pada umumnya bervariasi antara 1,50 - 1,75 m. Bina Marga mengambil lebar kendaraan rencana untuk mobil penumpang adalah 1,70 m dan 2,50 m untuk kendaraan rencana truk/bus/semitrailer. Lebar lajur merupakan lebar kendaraan ditambah dengan ruang bebas antara kendaraan yang besarnya sangat ditentukan oleh keamanan dan kenyamanan yang diharapkan.

Pada jalan lokal lebar jalan minimum 5,50m (2 x 2,75m) cukup memadai untuk jalan 2 lajur dengan 2 arah. Dengan pertimbangan biaya yang tersedia, lebar 5 m pun masih diperkenankan. Sedang untuk jalan arteri yang direncanakan untuk kecepatan tinggi, mempunyai lebar lajur lebih besar dari 3,25 m, sebaiknya 3,50 m untuk satu lajur.

b) Jumlah lajur.

Pada hampir semua situasi, jumlah lajur pada sebuah ruas jalan baru ditentukan berdasarkan perkiraan lalulintas selama umur rencana serta kapasitas jalan raya, jalan atau lajur sesuai dengan tingkat pelayanan yang dikehendaki.

2) Bahu Jalan.

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak diantara tepi jalan lalulintas dengan tepi saluran, parit, kerb, atau lereng tepi. AASHTO menetapkan agar bahu jalan yang dapat digunakan harus dilapisi perkerasan atau permukaan lain yang cukup kuat untuk dilalui kendaraan, dan juga menyarankan bahwa apabila jalur jalan dan bahu jalan dilapisi dengan bahan aspal, warna dan teksturnya harus dibedakan. Bahu jalan berfungsi sebagai :

- a) Ruang untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh, atau untuk beristirahat.
- b) Ruang untuk menghindari diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
- c) Memberikan kelegaan pada pengemudi, dengan demikian



dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan.

- d) Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping.
- e) Ruangan pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat menempatkan alat-alat, dan penimbunan bahan material).
- f) Ruangan untuk lintasan kendaraan-kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat seperti terjadinya kecelakaan.

Namun satu alasan utama penggunaan bahu jalan yang lebar dan menerus adalah bahwa bahu jalan tersebut dapat menambah kekuatan struktural perkerasan, selain itu menambah jarak pandangan horisontal pada tikungan, dan terakhir bahu jalan dapat mengurangi kemungkinan kecelakaan bila ada kendaraan yang berhenti karena keadaan darurat atau alasan lain.

Besarnya lebar bahu jalan sangat dipengaruhi oleh :

a) Fungsi jalan

Jalan arteri direncanakan untuk kecepatan tinggi, dengan demikian jalan arteri membutuhkan kebebasan samping, keamanan, kenyamanan yang lebih besar, atau menuntut lebar bahu yang lebih lebar.

b) Volume lalu lintas

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar bahu yang lebih lebar dibandingkan dengan volume lalu lintas yang lebih rendah.

c) Kegiatan disekitar jalan

d) Ada atau tidaknya trotoar

e) Biaya yang tersedia sehubungan dengan biaya pembebasan tanah dan biaya untuk konstruksi.

Lebar bahu jalan dengan demikian dapat bervariasi antara 0,5 - 2,5 m.

3) Median.

Pada arus lalu lintas yang tinggi sering kali dibutuhkan median guna memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan arah. Jadi median adalah jalur yang terletak ditengah jalan untuk membagi jalan dalam masing-masing arah.

Secara garis besar median berfungsi sebagai :

- a). Menyediakan daerah netral yang cukup lebar dimana pengemudi masih dapat mengontrol pada saat-saat darurat.
- b). Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
- c). Menambah rasa kelegaan, kenyamanan dan keindahan bagi setiap pengemudi.
- d). Mengamankan kebebasan samping dari masing-masing arah arus lalu lintas.
- e). Dapat menjadi tempat berhenti dan berlindung bagi kendaraan yang akan memotong atau pejalan kaki yang akan menyeberang.

Untuk memenuhi keperluan-keperluan tersebut diatas, maka median serta batas-batasnya harus nyata oleh setiap mata pengemudi baik pada siang hari maupun pada malam hari serta segala cuaca dan keadaan. Lebar median bervariasi antara 1,0 - 12 meter.

Semakin lebar median semakin baik bagi lalulintas tetapi semakin mahal biaya yang dibutuhkan. Jadi biaya uang tersedia dan fungsi jalan sangat menentukan lebar median yang dipergunakan. Namun penentuan lebar median ini utamanya didasarkan pada fungsi jalan itu selanjutnya didukung dengan tersedianya dana. Menurut fungsinya lebar median menurut AASHTO pada jalan arteri di kota dan luar kota, sebaiknya digunakan median selebar 18 m karena dapat memungkinkan penggunaan profil yang tersendiri serta mengurangi kecelakaan. Median selebar 6,6 m - 18 m memungkinkan pengemudi memotong jalan secara terpisah, dan median selebar 4,2 m - 6,6 m akan memberikan perlindungan bagi kendaraan yang berbelok pada suatu persimpangan. Pada kondisi jalan yang terbatas, median selebar 1,2 m - 1,8 m dapat berfungsi sebagai tempat pemisah dua arah lalulintas yang berlawanan, melindungi pejalan kaki, dan sebagai tempat pemasangan alat pengendali lalulintas.

c. Alinyemen Horisontal

Alinyemen horisontal adalah proyeksi horisontal dari sumbu jalan tegak lurus bidang peta situasi jalan. Alinyemen horisontal merupakan trase jalan yang terdiri dari garis lurus (tangen) merupakan bagian jalan yang lurus dan lengkung horisontal yang disebut tikungan.

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horisontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya yang akan melemparkan kendaraan keluar daerah tikungan yang disebut gaya sentrifugal. Atas dasar ini, maka perencanaan tikungan

diusahakan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan, sehingga perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

- 1). Lengkung peralihan.
- 2). Kemiringan melintang.
- 3). Pelebaran perkerasan jalan.
- 4). Kebebasan samping.

Dengan penjelasan :

- 1). Lengkung peralihan.

Didalam suatu perencanaan garis lengkung perlu diketahui hubungannya dengan kecepatan rencana dan hubungan keduanya dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi), karena memang lengkung peralihan bertujuan mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur, dari mulai nol sampai mencapai maksimum yang kemudian secara berangsur menjadi nol kembali.

Bentuk-bentuk tikungan :

- a) Bentuk Circle.

Bentuk ini dipakai pada tikungan dengan jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Batasan yang dipakai di Indonesia dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Hubungan Kecepatan Rencana dengan Jari-jari Tikungan.

Kecepatan Rencana Km/j	Jari-jari lengkung min m
120	2.000
100	1.500
80	1.100
60	700
40	300
30	180

Sumber : PPGJR No.13/1970 Dir Jend Bina Marga.

Rumus yang digunakan :

$$T_t = R \cdot \text{Tgn } 1/2 \Delta \dots\dots\dots 2.11.$$

$$E_t = T_t \cdot \text{Tgn } 1/4 \Delta \dots\dots\dots 2.12.$$

$$E_t = \sqrt{(R^2 + T^2) - R} \\ = R (\sec 1/2 \Delta - 1) \dots\dots\dots 2.13.$$

$$L = \frac{\Delta}{360} 2 \cdot \pi \cdot R \dots\dots\dots 2.14.$$

dengan notasi :

T_t = jarak antar TC dengan PI, dihitung (meter).

E_t = jarak PI ke lengkung peralihan, dihitung (meter).

L = panjang bagian tikungan, dihitung (meter).

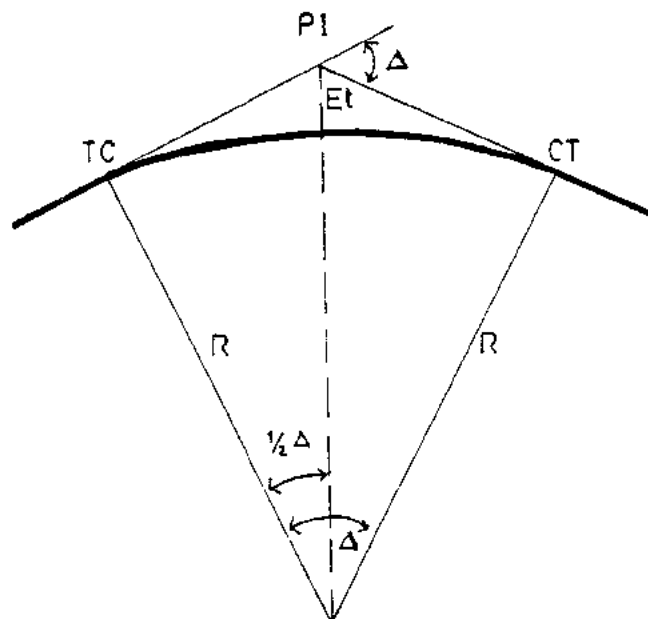
R = jari-jari tikungan, ditentukan (meter).

Δ = sudut tangen, diukur dari gambar trase (derajat).

TC = titik perubahan dari tangen ke circle.

CT = titik perubahan dari circle ke tangen.

PI = Point of Intersection.



Gambar 2.2. Tikungan Circle

b). Bentuk Spiral-Circle-Spiral.

Jari-jari yang diperhitungkan untuk bentuk ini harus sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan tikungan melampaui harga maksimum sesuai ketetapan, yaitu :

1. Kemiringan maksimum jalan antar kota = 0,10
2. Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,08

Rumus yang digunakan :

$$D = \frac{1432,40^\circ}{R} \dots\dots\dots 2.15.$$

$$L_s = 0,022 \cdot \frac{v_r^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{v_r \cdot e}{C}, \text{ (Modifiet Short Formula)} \dots\dots\dots 2.16.$$

$$\theta_s = \frac{28,648^\circ}{R} \cdot L_s \dots\dots\dots 2.17.$$

$$\Delta = \Delta' - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots 2.18.$$

$$L_c = \frac{\Delta'}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \dots\dots\dots 2.19.$$

$$L = 2 L_s + L_c \dots\dots\dots 2.20.$$

$$p = L_s \cdot k \dots\dots\dots 2.21.$$

$$k = L_s \cdot k^* \dots\dots\dots 2.22.$$

$$T_t = (R + p) \operatorname{tgn} 1/2 + k \dots\dots\dots 2.23.$$

$$E_t = \frac{(R + p)}{\cos 1/2} - R \dots\dots\dots 2.24.$$

Dengan notasi :

Δ = derajat lengkung (derajat).

R = jari-jari tikungan, ditetapkan (meter).

L_s = panjang lengkung spiral, dihitung (meter).

V_r = kecepatan rencana, ditetapkan (Km/jam).

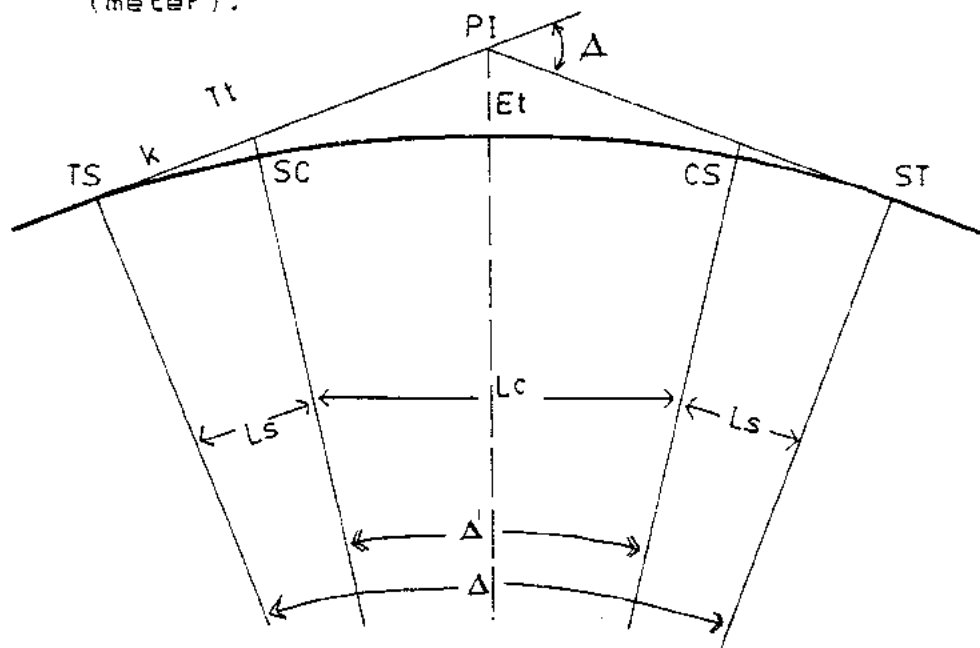
C = koefisien perubahan kecepatan (0,40).

e = superelevasi.

p, k = didapat dari tabel Yoseph Barnet.

T_t = jarak antara TS atau ST dengan PI, dihitung (meter).

E_t = jarak PI ke lengkung peralihan, dihitung (meter).



Gambar 2.3. Tikungan S-C-S

c). Bentuk Tikungan Spiral-Spiral

Bentuk tikungan ini apabila panjang circlenya lebih kecil daripada panjang lengkung circle minimum (L_c minimum), rumus-rumus yang digunakan dalam bentuk ini sama dengan rumus yang digunakan dalam bentuk tikungan S-C-S, hanya saja pada bentuk tikungan ini ada sedikit perbedaan, yaitu :

$$\theta_s \text{ diambil } 1/4 \Delta \text{ dan } \theta_c = 0, L = 2.L_s \dots\dots\dots 2.25.$$

$$L_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{360} \cdot 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots 2.26.$$

2). Kemiringan melintang (Superelevasi).

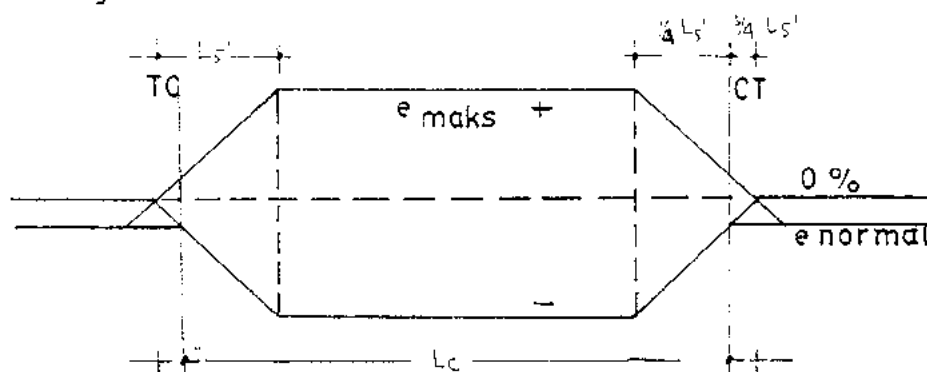
Bila kendaraan yang melintasi lengkung dengan bentuk lingkaran maka kendaraan akan didorong keluar oleh gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal ini diimbangi dengan :

- Komponen berat kendaraan yang diakibatkan oleh kemiringan melintang (superelevasi) jalan.
- Gesekan samping (side friction) antara ban kendaraan dan perkerasan jalan.

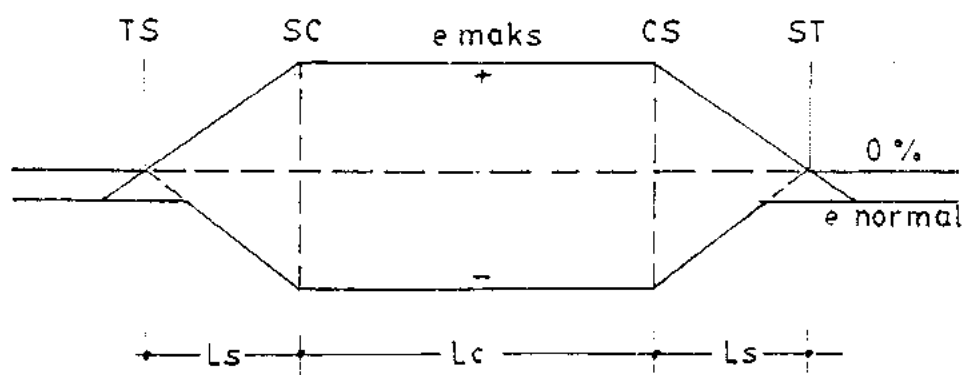
Kemiringan melintang ini harus berangsur-angsur dirubah dari kemiringan normal ke kemiringan maksimum.

Adapun tipe-tipe diagram superelevasi adalah sebagai berikut:

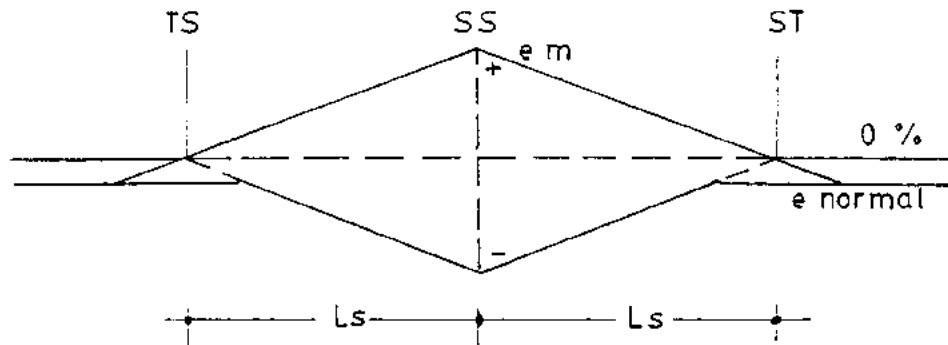
- . Tikungan Circle.



- . Tikungan Spiral-Circle-Spiral.



- Tikungan Spiral-Spiral.



3). Pelebaran perkerasan pada tikungan.

Pelebaran perkerasan pada tikungan sangat tergantung pada :

R = jari-jari tikungan.

Δ = sudut tikungan

V_r = kecepatan rencana.

Perhatikan grafik I PPGJR no.13/1970 Dir Jen Bina Marga, mengenai rumus ini :

$$B = n \cdot (b' + c) + (n - 1) \cdot T_D + z \dots\dots\dots 2.27.$$

dengan notasi :

B = lebar pekerasan pada tikungan (meter).

n = jumlah jalur lalu lintas.

b' = lebar lintasan truk pada tikungan (meter).

c = kebebasan samping (0,80m).

T_D = lebar melintang akibat tonjolan depan (meter).

z = lebar tambahan akibat kelainan dalam mengemudi.

Rumus ini tidak digunakan apabila $1000/R > 6$ (tidak ada dalam grafik) dan apabila hasil perhitungan $B <$ lebar jalan bagian lurus maka tikungan tidak perlu ada pelebaran. Hal ini bisa terjadi pada tikungan dengan jari-jari besar

($R > 1200\text{m}$) dan sudut tangent kecil ($\approx 10^\circ$).

4). Kebebasan samping pada tikungan.

Sesuai dengan panjang jarak pandangan yang diperlukan baik jarak pandangan henti maupun jarak pandangan menyiap maka diperlukan kebebasan samping (jarak pembebasan), hal ini tergantung :

- jari-jari tikungan (R).
- kecepatan rencana (V_p) yang langsung berhubungan dengan jarak pandangan (S).
- keadaan medan lapangan.

Seandainya menurut perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping, akan tetapi keadaan medan tidak memungkinkan maka diatasi dengan memberikan memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diijinkan.

d. Alinyemen Vertikal.

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak lurus yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar jalan. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh. Kendaraan yang dipakai sebagai standar adalah truk.

Secara umum lengkung vertikal ini harus memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan serta bentuknya tidak kaku, untuk itu perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- 1). Dalam merencanakan alinyemen vertikal sedapat mungkin

hindari adanya lengkung vertikal searah (cekung maupun cembung) yang hanya dipisahkan oleh tangen yang pendek.

2). Alinyemen yang relatif datar dan lurus cukup panjang, jangan sampai didalamnya terdapat lengkung pendek sehingga dari jauh tidak kelihatan oleh pemakai jalan.

3). Landai penurunan yang tajam dan panjang harus diikuti pendakian sehingga secara otomatis kecepatan kendaraan dapat berkurang.

4). Jika ditemui kelandaian yang tersusun dari prosentase kecil sampai besar, maka kelandaian paling curam ditempatkan pada permulaan landai kemudian berturut-turut ke kelandaian yang lebih kecil.

Alinyemen vertikal sangat erat hubungannya dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalu lintas. Kalau pada alinyemen horisontal yang merupakan bagian kritis adalah lengkung horisontal (bagian tikungan), maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian yang lurus.

Kemampuan pendakian kendaraan dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai. Panjang kritis landai adalah panjang yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan pada arus lalu lintas.

Tabel 2.2. Hubungan besar landai dengan panjang landai minimum

Landai max %	3	4	5	6	7	8	10	11
Panjang kritis m	480	330	250	200	170	150	135	120

Sumber : PPGJR No.13/1970 Dir Jen Bina Marga.

* Landai maksimum ini hanya digunakan jika pertimbangan

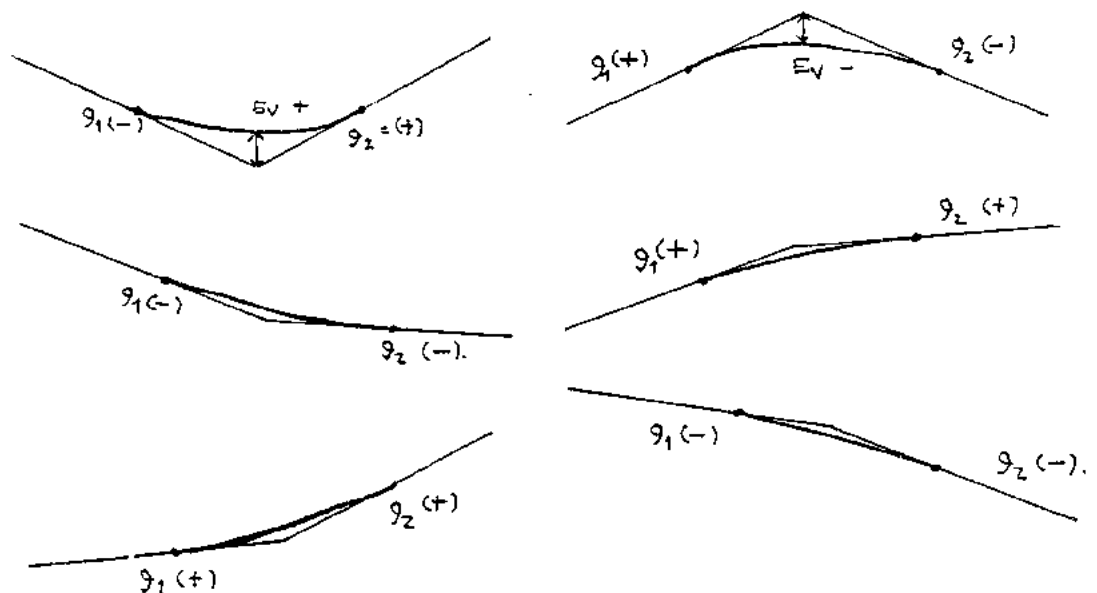
biaya memaksa dan hanya untuk jarak pendek saja.

Pada setiap landai dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan dan kenyamanan pemakai jalan serta drainasi yang baik.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus, adalah :

- 1). Lengkung vertikal cembung, adalah dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan
- 2). Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

Lengkung vertikal dapat berbentuk salah satu dari enam kemungkinan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua tangen.

Rumus yang digunakan :

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} \dots\dots\dots 2.28.$$

$$A = g_2 - g_1 \dots\dots\dots 2.29.$$

dengan notasi :

E_v = pergeseran vertikal (m).

A = perbedaan aljabar landai (%)

L_v = Panjang lengkung (m).

g = landai jalan (%).

Besarnya L_v untuk lengkung vertikal cekung maupun cembung dapat dilihat dari grafik III dan IV pada PPGJR No.13/1970. Atau pada buku teknik jalan raya karangan Clarks. H.Oglesby halaman 338 dan 340. Hanya saja untuk masing-masing lengkung terdapat beberapa persyaratan yang harus dipenuhi seperti, syarat keamanan, kebutuhan drainasi, keluwesan, dan kenyamanan. Untuk lebih jelasnya akan diuraikan menurut lengkungnya.

1) Lengkung Vertikal Cembung.

Panjang lengkung vertikal cembung harus ditentukan dengan memperhatikan syarat,

* Keamanan

Syarat keamanan ini pembatasannya berdasarkan jarak pandangan yang dibedakan atas 2 keadaan yaitu:

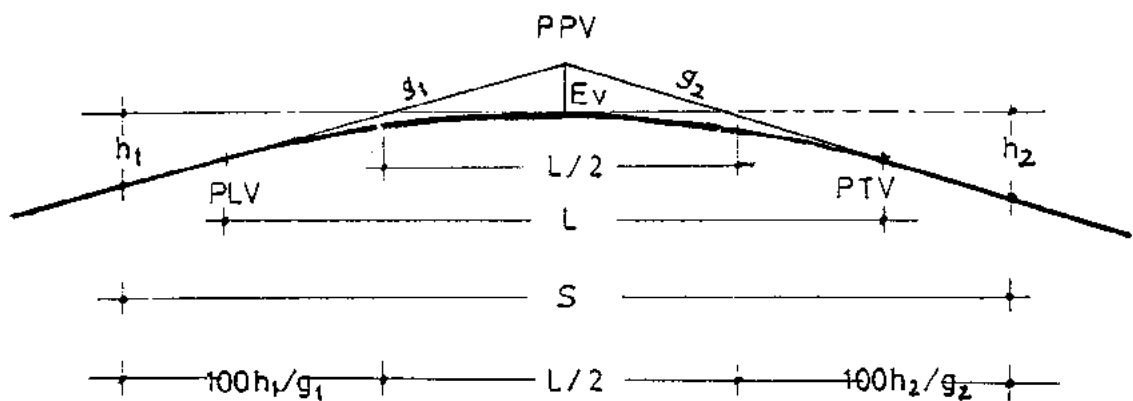
- a). Jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($S < L$).
- b). Jarak pandangan berada diluar dan didalam daerah lengkung ($S > L$).

$$L_v = \frac{AS^2}{100 (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

$$L_v = \frac{AS^2}{960} = CAS^2 \dots\dots\dots 2.32.$$

C = konstanta garis pandangan untuk lengkung vertikal cembung pada keadaan S<L.

- Lengkung vertikal cembung dengan S>L.



Gambar 2.6. Jarak pandangan pada lengkung vertikal cembung (S>L).

dengan :

$$L_v = 2S - \frac{200 h_1 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \dots\dots\dots 2.33.$$

Jika dalam perencanaan digunakan jarak pandangan henti menurut Bina Marga, dengan $h_1 = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$.

$$h_2 = 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ m}.$$

maka :

$$L_v = 2S - \frac{399}{A} = 2S - \frac{C_1}{A} \dots\dots\dots 2.34.$$

Jika dalam perencanaan digunakan jarak pandangan menyiap

menurut Bina Marga, dengan $h_1 = 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ m}$.

$$h_2 = 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ m}.$$

maka :

$$L_v = 2S - \frac{960}{A} = 2S - \frac{C_1}{A} \dots\dots\dots 2.35.$$

C_1 = konstanta garis pandangan untuk lengkung vertikal cembung pada keadaan $S > L$.

Tabel nilai $C = C_1$ untuk beberapa h_1 dan h_2 berdasarkan AASHTO dan Bina Marga dapat dilihat pada lampiran 4.

* Drainase.

Lengkung vertikal cembung yang panjang dan relatif datar dapat menyebabkan kesulitan dalam masalah drainase jika di sepanjang jalan dipasang kerb. Air disamping jalan tidak akan mengalir lancar. Untuk menghindari hal tersebut, panjang lengkung vertikal biasanya dibatasi tidak melebihi $50 A$. Jadi persyaratan panjang lengkung vertikal cembung sehubungan dengan drainase :

$$L_v = 50 A \dots\dots\dots 2.36.$$

* Keluwesan.

Untuk syarat keluwesan bentuk yang digunakan menurut Bina Marga adalah :

$$L_v = 0,6 V_p \dots\dots\dots 2.37.$$

dengan V_p adalah kecepatan rencana dalam Km/jam.

2) Lengkung vertikal cekung.

Disamping bentuk lengkung yang berbentuk parabola sederhana, panjang lengkung vertikal juga harus ditentukan dengan memperhatikan :

* Keamanan.

Untuk keamanan lengkung vertikal cekung ini meliputi :

- Jarak pandangan akibat penyinaran lampu kendaraan.
- Jarak pandangan bebas dibawah bangunan.

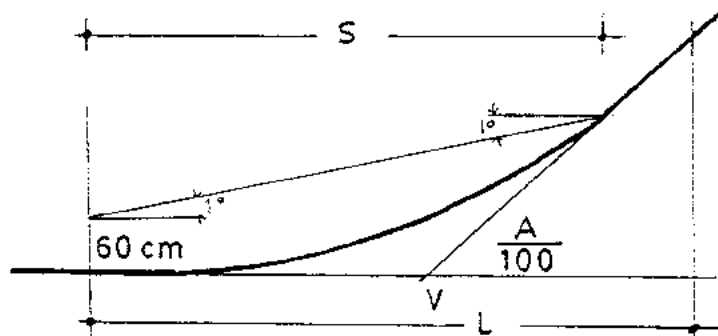
dengan penjelasan :

- Jarak pandangan akibat penyinaran lampu kendaraan.

Jangkauan lampu depan kendaraan pada lengkung vertikal cekung merupakan batas jarak pandangan yang dapat dilihat oleh pengemudi pada malam hari. Didalam perencanaan umumnya tinggi lampu depan diambil setinggi 60 cm, dengan sudut penyebarannya 1°.

Letak Penyinaran lampu dengan kendaraan dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu :

- a) Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan < L.

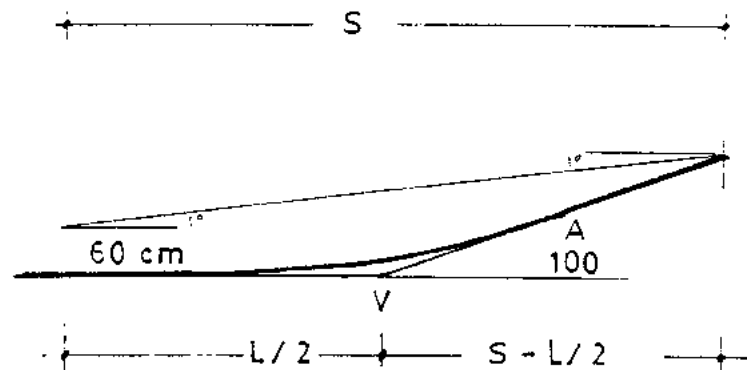


Gambar 2.7. Lengkung vertikal cekung dengan jarak pandangan penyinaran lampu depan < L.

$$L_v = \frac{AS^2}{120 + 3,5S} \dots\dots\dots 2.38.$$

- b) Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan > L.





Gambar 2.8. Lengkung vertikal cekung dengan jarak pandangan penyinaran lampu depan $> L$.

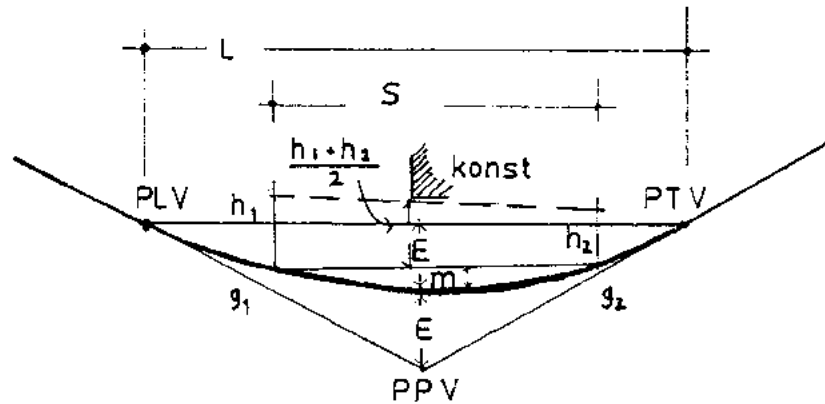
$$L_v = 2S - \frac{120 + 3,5S}{A} \dots\dots\dots 2.39.$$

- Jarak pandangan bebas dibawah bangunan.

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lain seperti jalan lain, jembatan penyeberangan, viaduk, aquaduk, sering kali terhalangi oleh bagian bawah bangunan tersebut. Panjang lengkung verikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandangan henti minimum dengan mengambil tinggi mata pengemudi truk yaitu 1,8 m dan tinggi objek 0,5 m (tinggi lampu belakang kendaraan). Ruang bebas certikal minimum 5m, disarankan mengambil lebih besar untuk perencanaan yaitu $\pm 5,5$ m, untuk memberi kemungkinan tambahan lapis perkerasan dikemudian hari.

Jarak pandangan bebas dibawah bangunan ini dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu :

a) Jarak pandangan $S < L$.



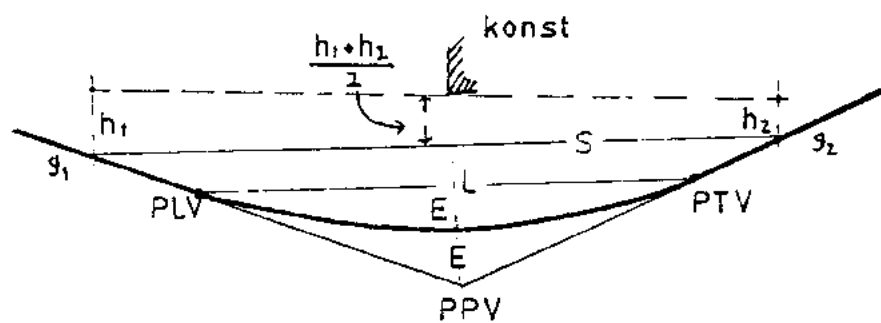
Gambar 2.9. Jarak pandangan bebas dibawah bangunan pada lengkung vertikal cekung dengan $S < L$.

$$L_v = \frac{AS^2}{8000 - 400(h_1 + h_2)} \dots\dots\dots 2.40.$$

Jika $h_1 = 1,80$ m ; $h_2 = 0,50$ m ; $C = 5,5$ m, maka

$$L_v = \frac{AS^2}{3480} \dots\dots\dots 2.41.$$

b) Jarak pandangan $S > L$.



Gambar 2.10. Jarak pandangan bebas dibawah bangunan pada lengkung vertikal dengan $S > L$.

$$L_v = 2S - \frac{8000 - 400(h_1 + h_2)}{A} \dots\dots\dots 2.42.$$

Jika $h_1 = 1,80$ m ; $h_2 = 0,50$ m ; $C = 5,50$ m, maka

$$L_v = 2S - \frac{3480}{A} \dots\dots\dots 2.43.$$

* Drainase dan Keluwesan.

Untuk kedua syarat ini masih sama dengan lengkung vertikal cembung.

* Kenyamanan.

Adanya gaya sentripetal dan gravitasi pada lengkung vertikal cekung menimbulkan rasa tidak nyaman kepada pengemudi. Panjang lengkung vertikal cekung minimum yang dapat memenuhi syarat kenyamanan adalah :

$$L_v = \frac{AV_r^2}{1300.a} \dots\dots\dots 2.44.$$

dengan :

A = Perbedaan landai aljabar (%).

V_r = Kecepatan rencana (Km/jam).

a = Percepatan sentripetal ($\leq 0,3 \text{ m/det}^2$)

umumnya diambil $0,1 \text{ m/det}^2$.

B. Perencanaan Tebal Perkerasan
Denngan Metoda Bina Margq 1987

1. Lalulintas

a. Mencari jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan berdasarkan tabel jumlah jalur berdasarkan lebar perkerasan dan tabel koefisien distribusi kendaraan.

Tabel 2.3. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

Sumber : SNI, Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Perkerasan Jalan, SNI NO:1732-1989-F

Tabel 2.4. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Jalur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 arah	2 arah	3 arah	4 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,45
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 jalur	-	0,20	-	0,40

Sumber : SNI, Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Perkerasan Jalan, SNI NO:1732-1989-F

b. Menghitung angka ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan dimana :

$$\text{Angka ekuivalen sumbu tunggal} = \left| \frac{\text{beban satu sumbu tunggal (Kg)}}{8160} \right|^4 \dots\dots\dots 2.45.$$

$$\text{Angka ekivalen sumbu tunggal} = 0,086 \left| \frac{\text{beban satu sumbu ganda (Kg)}}{8160} \right|^4 \dots\dots 2.46.$$

c. Menentukan lalulintas harian rata-rata (LHR) dihitung untuk jalan dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

d. Menghitung lintas ekivalen permulaan (LEP) dengan rumus:

$$\text{LEP} = \sum_{j=1}^n \text{LHR}_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots 2.47.$$

C_j = koefisien distribusi kendaraan

E_j = angka ekivalen kendaraan

j = jenis kendaraan

e. Lintas ekivalen akhir (LEA) dihitung dengan rumus :

$$\text{LEA} = \sum_{j=1}^n \text{LHR}_j (1+i)^{\text{UR}} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots 2.48.$$

C_j = koefisien distribusi kendaraan

E_j = angka ekivalen kendaraan

j = jenis kendaraan

i = perkembangan lalulintas

UR = umur rencana

f. Lintas ekivalen tengah (LET) dihitung dengan rumus :

$$\text{LET} = \frac{\text{LEP} + \text{LEA}}{2} \dots\dots\dots 2.49.$$

g. Lintas ekivalen rencana (LER) dihitung dengan rumus :

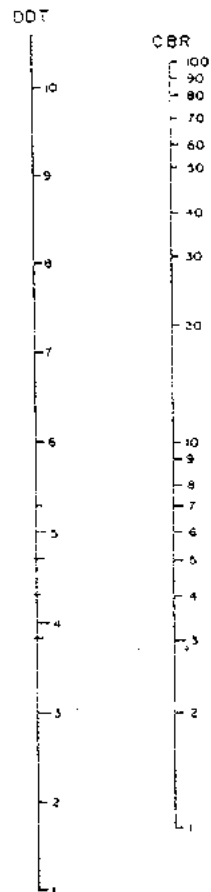
$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP} \dots\dots\dots 2.50.$$

FP = Faktor penyesuaian, dihitung dengan rumus :

$$\text{FP} = \text{UR}/10 \dots\dots\dots 2.51.$$

h. Daya dukung tanah (DDT)

Daya dukung tanah digunakan untuk menyatakan kekuatan tanah dasar, daya dukung tanah dasar ditetapkan berdasarkan nomogram. Korelasi antara DDT dengan CBR tampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.11. Korelasi antara CBR dan DDT

i. Faktor regional (FR)

Faktor regional adalah faktor setempat yang berkaitan dengan iklim, curah hujan dan kondisi lingkungan. Dalam penentuan tebal perkerasan faktor regional dipengaruhi oleh kelandaian, tikungan dan prosentase kendaraan berat yang berhenti serta curah hujan rata-rata pertahun.

Tabel 2.5. Faktor Regional (FR)

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

Sumber : SNI, Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Perkerasan Jalan, SNI NO:1732-1989-F

j. Indeks permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai dari pada kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Beberapa nilai IP adalah :

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

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

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

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

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), menurut tabel dibawah ini.

Tabel 2.6. Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

Lintas Ekuivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	lokal	kolektor	arteri	tol
< 10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10 - 100	1,5	1,5-2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
> 1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

Sumber : SNI, Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Perkerasan Jalan, SNI NO:1732-1989-F

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut tabel dibawah ini.

Tabel 2.7. Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness (mm/Km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
LASBUTAG	3,9-3,5	> 1000
HRA	3,9-3,5	≤ 2000
BURDA	3,4-3,0	> 2000
BURTU	3,9-3,5	≤ 2000
LAPEN	3,4-3,0	> 2000
LATASBUN	2,9-2,5	≤ 3000
BURAS	2,9-2,5	> 3000
LATASIR	2,9-2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	

Sumber : SNI, Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Perkerasan Jalan, SNI NO:1732-1989-F

k. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif masing-masing lapis perkerasan ditentukan secara korelasi sesuai dengan nilai Marshall Test, kuat tekan atau CBR. Berikut ini adalah tabel

dari koefisien kekuatan relatif.

Tabel 2.8. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MT (Kg)	Kt (Kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	LASTON
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	LASBUTAG
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah dg. semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah dg. kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu Pecah (klas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu Pecah (klas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu Pecah (klas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (klas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (klas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (klas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : SNI, Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Perkerasan Jalan,
SNI NO:1732-1989-F

Tabel 2.9. Batas-batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan

1. Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00-6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71-7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50-9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

2. Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dgn semen, stabilisasi tanah dengan kapur.
3,00-7,49	20 [*])	Batu pecah, stabilisasi tanah dgn semen, stabilisasi tanah dengan kapur.
	10	Laston Atas.
7,50-9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dgn semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam.
	15	Laston Atas.
10-12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dgn semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas.
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dgn semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas.

*) batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

3. Lapis Pondasi Bawah

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

Sumber : SNI, Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Perkerasan Jalan, SNI NO:1732-1989-F

1. Indeks tebal perkerasan (ITP)

Indeks tebal perkerasan adalah angka yang berhubungan dengan tebal perkerasan. Hubungan ini berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots\dots\dots 2.52.$$

a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).

Angka 1, 2, 3 : masing-masing untuk lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah.

C. Perencanaan Tebal Perkerasan

Dengan Metoda Road Note 31

Metoda ini berasal dari negara Inggris yang merupakan pengembangan dari metoda Road Note 29, metoda ini dibuat khusus untuk perencanaan tebal perkerasan lentur di negara-negara beriklim tropis dan subtropis.

Untuk menganalisis lapis keras dengan metoda ini mengacu pada *Determining The Flexible Pavement*. Untuk menilai kekuatan subgrade yang dinyatakan dengan CBR dapat dilihat pada tabel 2.10. yang merupakan korelasi antara CBR dengan berbagai tipe tanah.

Tabel 2.10. Hubungan nilai CBR dengan Berbagai Tipe Tanah

Type of Soil	Plasticity indeks (%)	CBR (%)	
		Depth of water tabel below	
		more then 600 mm	600 mm or less
Heavy clay	70	2	1
	60	2	1,5
	50	2,5	2
	40	3	2
Silty clay	30	5	3
Sandy clay	20	6	4
Silt	-	2	1
Sand (poorly graded)	non plastic	20	10
Sand (well graded)	non plastic	40	15
Well graded sandy gravel	non plastic	60	20

Sumber : Road Note 31

Dalam perhitungan jumlah beban standar kumulatif pada metode ini dipengaruhi oleh *equivalent factor* yang gunanya untuk mengkonversikan angka dari katagori beban yang berbeda ke angka ekivalen pada beban standar 8200 kg (18000 lbs). Berbagai angka konversi untuk beban yang berbeda terdapat pada tabel 2.11. dibawah ini.

Tabel 2.11. *Factor of Converting Numbers of Axles Load*

Axle Load		Equivalent Factor Road Note 31	Equivalent Factor Road Note 29
kg	lbs		
910	2000	0,0002	0,0002
1810	4000	0,0025	0,0025
2720	6000	0,01	0,01
3630	8000	0,04	0,03
4540	10000	0,08	0,09
5440	12000	0,20	0,19
6350	14000	0,3	0,35

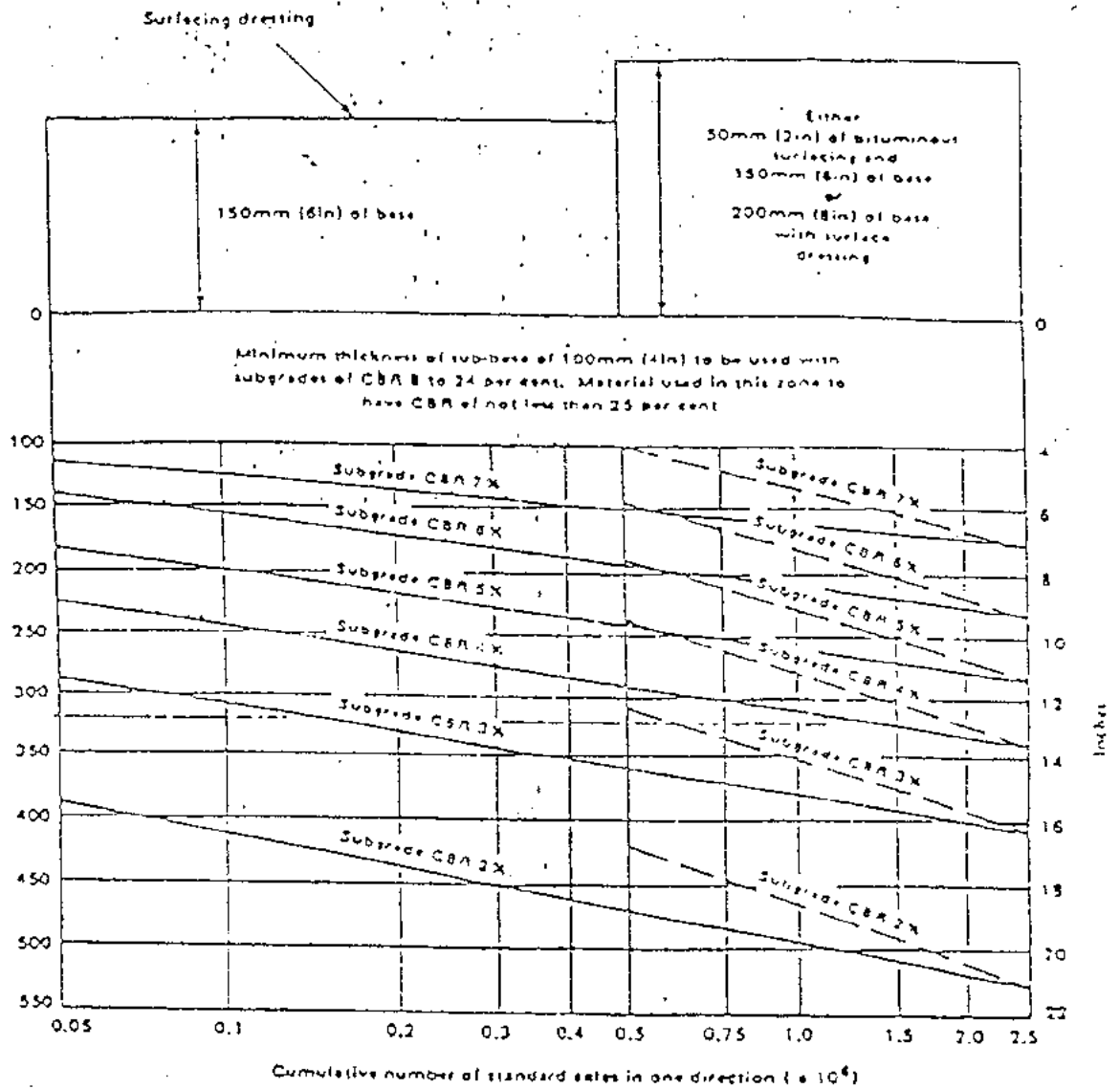
lanjutan tabel 2.11.

Axle Load		Equivalent Factor Road Note 31	Equivalent Factor Road Note 29
kg	lbs		
7260	16000	0,6	0,61
8160	18000	1,0	1,0
9070	20000	1,6	1,5
9980	22000	2,4	2,3
10890	24000	3,6	3,2
11790	26000	5,2	4,4
12700	28000	7,2	5,8
13610	30000	9,9	7,6
14520	32000	13,3	9,7
15430	34000	17,6	12,1
16320	36000	22,4	15,0
17230	38000	22,9	18,6
18140	40000	37,3	22,8
19070	42000	47	
19980	44000	58	
20880	46000	72	
21790	48000	87	

Sumber : Road Note 31

Untuk tebal lapisan ditentukan berdasarkan beban standar kumulatif yang lewat. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.11. Jika beban standar yang lewat lebih dari 2,5 juta maka tebal base minimum adalah 150 mm dengan 50 mm untuk lapis permukaan atau 200 mm untuk base dengan *surface dressing*.

Umumnya untuk jalan-jalan yang menerima beban kendaraan komersial tidak lebih dari 300 kendaraan per hari untuk dua arah pada awal konstruksi solusi yang paling hemat adalah memilih *double surface dressing* dengan base setebal 150 mm dan penambahan 50 mm *bitomius surfacing* beberapa tahun kemudian.



Gambar 2.12. Untuk mendapatkan Tebal dari Subbase, Base dan Surface
Sumber : Road Note 31

D. Perencanaan Drainasi

Sistem pembuangan air hujan dari jalan terdiri dari selokan samping baik yang tertutup pada tepi jalur lalu lintas cepat dengan manhole maupun yang terbuka pada tepi jalan. Jika memakai saluran tertutup air dialirkan melalui gorong-gorong ke selokan samping pada tempat-tempat tertentu. Saluran yang direncanakan dimensinya adalah selokan samping tersebut. Untuk saluran tertutup tersebut digunakan ukuran-ukuran praktis berhubung dengan debitnya yang relatif kecil.

Perhitungan dan perencanaan drainasi ini dibagi dalam 3 fase :

1. Analisa intensitas hujan

Untuk analisa intensitas hujan ini diperlukan data hujan dari stasiun-stasiun pengamatan hujan yang terdekat dengan lokasi jalan tersebut. Data hujan yang digunakan adalah data hujan hasil pengamatan dari tahun-tahun yang telah lewat. Semakin banyak tahun pengamatan yang diambil maka semakin teliti perhitungan yang akan dihasilkan.

2. Perhitungan debit

Debit dihitung berdasarkan :

$$Q_{maks} = Q \times \alpha \times \beta \times q_t$$

dengan :

Q_{maks} = debit air hujan maksimal yang dialirkan.

Q = luas daerah tangkapan hujan ("*Catchment area*").

α = koefisien curah hujan ("*Coefficient of Run Off*").

β = angka penyebarab hujan.

q_t = intensitas hujan.

Koefisien α tergantung pada jenis tanah atau tempat jatuhnya air hujan didaerah hujan, hal ini didapat dari hasil pengamatan setempat.

Koefisien β tergantung pada luas daerah penyebaran hujan. Jika luas penyebaran hujan $\leq 1 \text{ km}^2$, maka $\beta = 1$, nilai β bisa didapat dari nomogram Dr. Ir. JH. Haspers sesudah luas areal dan lama hujan diketanui.

Intensitas hujan atau deras hujan rata-rata (q_t) didapat dari rumus pendekatan Haspers :

$$R_x/q_t = 3,6 \{ T + 1 + 0,0008 (260 - R_x)(2 - T)^2 \}$$

dengan :

R_x = Tinggi hujan harian maksimum untuk daerah yang ditinjau dengan kala ulang yang ditentukan (mm).

$T = L/V$ (jam), L = panjang saluran.

V = kecepatan aliran.

q_t = deras hujan dengan $t = T$

Perhitungan debit ini dilakukan setiap seksi yaitu dengan membagi "catchment area" dalam beberapa daerah aliran sesuai dengan kondisi topografi jalan rencana.

3. Perhitungan dimensi

Yang akan dihitung adalah dimensi selokan samping. Volume dari saluran drainasi tersebut harus lebih besar dari debit hujan yang ada, sehingga tidak terjadi peluapan air hujan yang akan mengakibatkan terjadinya genangan pada badan hujan.

III. DATA DAN ANALISA

A. Data Geometrik

1. Alinyemen horisontal.

Dalam pembahasan masalah lengkung horisontal, yang ditinjau adalah panjang lengkung yang ada dibandingkan dengan lengkung minimum yang diperoleh dari perhitungan berdasarkan kecepatan hasil survey pada setiap lengkungnya. Adapun data-data dari kecepatan hasil survey diambil hanya pada satu jalur yaitu jalur arah dari Monumen Yogya Kembali ke arah perempatan Kentungan. Kendaraan yang melaju dicatat dengan alat penghitung waktu (Stopwatch, merk : Omega) dalam suatu jarak pengamatan, sehingga dengan rumus :

$$V = \frac{S}{t} \quad ; \quad \begin{array}{l} V = \text{kecepatan rata-rata, Km/jam.} \\ S = \text{jarak pengamatan, meter.} \\ t = \text{waktu pengamatan rata-rata, detik.} \end{array}$$

akan didapatkan kecepatan rata-ratanya. Sedangkan kendaraan yang diamati hanya kendaraan roda empat, meliputi : Sedan, Carry, Jeep, Bis dan Truk. Data survey dapat dilinat pada lampiran no 3.

Adapun data-data yang diperlukan untuk merencanakan lengkung horisontal adalah sebagai berikut :

- a. Kecepatan rencana (V_r).
- b. Jari-jari tikungan (R).
- c. Sudut luar tikungan (Δ).

Untuk jalan yang ditinjau yaitu jalan lingkar utara Yogya-



karta seksi perempatan Kentungan sampai perempatan Monumen
Yogya Kembali data-data tersebut adalah sebagai berikut :

- STA 7 + 680

$$V_r = 80 \text{ km/jam}, R = 600 \text{ m}, \Delta = 16^\circ 54' 34''$$

- STA 7 + 990

$$V_r = 80 \text{ km/jam}, R = 700 \text{ m}, \Delta = 10^\circ 31' 36''$$

- STA 8 + 210

$$V_r = 80 \text{ km/jam}, R = 230 \text{ m}, \Delta = 23^\circ 49' 50''$$

- STA 8 + 420

$$V_r = 70 \text{ km/jam}, R = 250 \text{ m}, \Delta = 18^\circ 08' 55''$$

- STA 8 + 645

$$V_r = 80 \text{ km/jam}, R = 1500 \text{ m}, \Delta = 1^\circ 01' 42''$$

Dan untuk kecepatan rata-rata hasil survey adalah sebagai
berikut :

STATION	V_{rata2} (Km/jam)	JARAK (m)	t_{rata2} (detik)
STA 7 + 680	31,710	100,00	11,3515
STA 7 + 990	64,010	150,00	8,4360
STA 8 + 210	54,640	200,00	13,6361
STA 8 + 420	59,290	100,00	6,0716
STA 8 + 645	60,310	100,00	5,9696

2. Alinyemen Vertikal

Setiap pergantian landai harus dibuat suatu lengkung
vertikal yang memenuhi syarat keamanan, kenyamanan, dan
drainasi. Panjang lengkung minimum vertikal untuk jalan dua
jalur dan dua arah ditentukan oleh lengkung dan jarak
pandangan. Adapun bentuk lengkungnya adalah :

a. Lengkung vertikal cembung.

Lengkung vertikal cembung panjang minimumnya berdasarkan jarak pandangan henti.

b. Lengkung vertikal cekung.

Sedangkan lengkung vertikal cekung panjang minimumnya berdasarkan jarak pandangan menyiap.

Adapun data-data yang dibutuhkan adalah :

a. Kecepatan rencana (V_r).

b. Beda landai aljabar (n).

Untuk jalan lingkaran utara ini data-data yang dibutuhkan tersebut adalah sebagai berikut :

- Kecepatan rencana yang ada pada perencanaan alinyemen horisontal dapat dipakai pada perhitungan lengkung vertikal.

- Beda landai aljabar :

- Lengkung vertikal cembung

* STA 7 + 662,5

$$g_1 = -0,13 \% , g_2 = -0,22 \% .$$

* STA 7 + 762,5

$$g_1 = -0,22 \% , g_2 = -0,15 \% .$$

* STA 7 + 937,5

$$g_1 = -0,15 \% , g_2 = -0,10 \% .$$

* STA 8 + 037,5

$$g_1 = 0 \% , g_2 = -0,27 \% .$$

* STA 8 + 162,5

$$g_1 = -0,27 \% , g_2 = -0,40 \% .$$

* STA 8 + 350

$$g_1 = -0,19 \% , g_2 = -0,90 \% .$$

* STA 8 + 725

$$g_1 = 0 \% \quad , \quad g_2 = -0,08 \% .$$

- Lengkung vertikal cekung

* STA 7 + 987,5

$$g_1 = -0,10 \% \quad , \quad g_2 = 0 \% .$$

* STA 8 + 262,5

$$g_1 = -0,40 \% \quad , \quad g_2 = -0,15 \% .$$

* STA 8 + 387,5

$$g_1 = -0,90 \% \quad , \quad g_2 = -0,29 \% .$$

* STA 8 + 425

$$g_1 = -0,29 \% \quad , \quad g_2 = -0,05 \% .$$

* STA 8 + 575

$$g_1 = -0,05 \% \quad , \quad g_2 = 0 \% .$$

B. Analisa Geometrik Jalan

1. Contoh perhitungan untuk alinyemen horisontal :

- diambil pada STA 8 + 210

$$\Delta = 23^\circ 49' 50''$$

$$V_r = 80 \text{ km/jam.}$$

$$R = 230 \text{ meter.}$$

$$D = \frac{1432,4}{R} = \frac{1432,4}{230}$$

$$D = 6^\circ 13' 40,08''$$

dengan tabel Bina Marga No.1.a untuk $V_r = 80 \text{ km/jam}$, dan

$D = 6^\circ 13' 40,08''$ didapatkan besarnya $L_s = 90 \text{ m}$ dan e

diinterpolasi sehingga didapatkan besar $e = 0,099$.

Kemudian L_s dari tabel tersebut kita bandingkan dengan L_s dari rumus "Modifiet Short Formula".

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R.C} - 2,727 \frac{V.e}{C}, C = 0,4$$

$$L_s = 0,022 \frac{80^3}{230 \cdot 0,4} - 2,727 \frac{80 \cdot 0,099}{0,4}$$

$$L_s = 68,4402 \text{ m} < 90 \text{ m}$$

dipakai L_s yang besar yaitu $L_s = 90 \text{ m}$.

$$\theta_s = \frac{28,648^\circ \cdot L_s}{R} = \frac{28,648^\circ \cdot 90}{230}$$

$$\theta_s = 11^\circ 12' 36,36''$$

$$\Delta' = \Delta - 2\theta_s$$

$$= 23^\circ 49' 50'' - 2 \cdot 11^\circ 12' 36,36''$$

$$= 1^\circ 24' 37,44''$$

$$L_c = \frac{\Delta'}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R = \frac{1^\circ 24' 37,44''}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 230$$

$$L_c = 5,6615 \text{ m}$$

Panjang lengkung keseluruhan

$$\begin{aligned} L &= L_c + 2 \cdot L_s \\ &= 5,6615 + 2 \cdot 90 \\ &= 185,6615 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang lengkung minimum

$$\begin{aligned} L_{\min} &= L_c + 2 \cdot L_{s_{\min}} \\ &= 5,6615 + 2 \cdot 68,4402 \\ &= 142,5419 \text{ m} \end{aligned}$$

$L > L_{\min}$ —————> jadi memenuhi syarat.

Sedangkan untuk hasil hitungan yang lain dapat dilihat pada tabel 3.1.

2. Contoh perhitungan untuk alinyemen vertikal :

- diambil STA 7 + 662,5 (A.vert cembung)

data yang ada

$$g_1 = 0,13 \% (7 + 587,5)$$

$$g_2 = - 0,22 \% (7 + 737,5)$$

$$V_r = 80 \text{ km/j.}$$

Beda landai Aljabar

$$n = |-0,22 - 0,13| = 0,35 \%$$

Panjang lengkung vertikal cembung ditinjau berdasarkan jarak pandangan henti (JPH) dan jarak pandangan menyiap (JPM).

a. Jarak pandangan henti (JPH).

$$\begin{aligned} d &= d_1 + d_2 \\ &= 0,278 V_r \cdot t + \frac{V_r^2}{254 (fn \pm 0,01n)} \\ &= 0,278 \times 80 \times 2,5 + \frac{80^2}{254(0,27 + 0,0035)} \\ &= 55,6 + 92,1274 \\ &= 147,7274 \text{ m.} \end{aligned}$$

Adapun syarat dari Bina Marga untuk JPH pada grafik III adalah sebesar 45 m. Jadi JPH yang ada = 147,7274 > 45 m

—————> memenuhi

b. Jarak pandangan menyiap (JPM).

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,278 \cdot t_1 \cdot (V_r - m + (a \cdot t_1)/2) \\ &= 0,278 \times 2,5 (80 - 15 + (2,3 \times 2,5)/2) \\ &= 47,17 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= 0,278 \cdot V_r \cdot t_2 \\ &= 0,278 \times 80 \times 10 \\ &= 222,40 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$d_3 = 30 - 100 \text{ m} \longrightarrow \text{diambil } 80 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} d_4 &= 2/3 \cdot d_2 \\ &= 2/3 \times 222,40 \\ &= 148,26 \text{ m.} \end{aligned}$$

Jadi jarak pandangan menyiap yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} d &= 47,17 + 222,40 + 80 + 148,26 \\ &= 497,74 \text{ m.} \end{aligned}$$

Sedang dari grafik No IV PPGJR didapat syarat minimal JPM untuk lengkung vertikal cembung sebesar 60 m .

JPM yang ada = 497,74 m > 60 m. \longrightarrow memenuhi.

Sedangkan untuk hasil hitungan yang lain dapat dilihat pada tabel 3.2. dan 3.3.

tabel 3.1. Analisa panjang lengkung horisontal.

STA	Vr km/j	R m	e %	Ls (m)		Bs
				min	/g 33a	
7 + 550	30	600	0,0527	13,1907	50	2' 51" 57,39"
7 + 590	30	700	0,0459	15,1347	50	3' 27" 19,50"
8 - 210	50	250	0,0990	58,4402	50	11' 12" 25,25"
8 + 400	70	250	0,0850	34,4187	70	3' 1" 17,04"
8 + 545	30	1500	0	-	-	-

Δ	$\Delta' = \Delta - 0,6s$	$Ls = \frac{\Delta'}{0,6s}$	$L = 2 Ls - L1$		jenis tikungan
			min	/g 33a	
16' 54" 74"	11' 10" 47,44"	117,0751	153,4565	237,0751	S-O-S
20' 21" 36"	3' 26" 56,52"	58,5083	98,9977	138,5083	S-O-S
22' 49" 50"	1' 24" 37,44"	5,5615	142,5819	135,5388	S-O-S
18' 18" 55"	2' 5" 20,88"	9,1883	79,0257	149,1253	S-O-S
1' 1" 40"	-	26,9217	-	-	O-O

Tabel 3.2. Analisa panjang lengkung vertikal cembung.

STA	Landai aljabar	Beda landai aljabar (n)	V_r (Km/j)	Panjang lengkung V yang ada (m).		Panjang lengkung V minimum (m).	
	%			JPH	JPM	JPH	JPM
7+587,5	0,13	0,35	80	147,73	497,74	45	60
7+737,5	-0,22						
7+737,5	-0,22	0,07	80	148,68	497,74	45	60
7+787,5	-0,15						
7+912,5	-0,15	0,05	80	148,75	497,74	45	60
7+962,5	-0,10						
8+012,5	0	0,27	80	148,00	497,74	45	60
8+062,5	-0,27						
8+137,5	-0,27	0,13	80	148,47	497,74	45	60
8+187,5	-0,40						
8+312,5	-0,15	0,75	80	146,40	497,74	45	60
8+387,5	-0,90						
8+5750	0	0,08	80	148,65	497,74	45	60
8+8750	-0,08						

Tabel 3.3. Analisa panjang lengkung vertikal cekung.

STA	Landai aljabar	Beda landai aljabar (n)	V_r (Km/j)	Panjang lengkung V yang ada (m).		Panjang lengkung V minimum (m).	
	%			JPH	JPM	JPH	JPM
7+962,5	-0,10	0,10	80	148,58	497,74	45	60
8+012,5	0						
8+237,5	-0,40	0,25	80	148,07	497,74	45	60
8+287,5	-0,15						
8+350	-0,90	0,61	70	118,52	444,56	40	50
8+425	-0,29						
8+387,5	-0,29	0,24	70	119,47	444,56	40	50
8+462,5	-0,05						
8+425	-0,05	0,05	80	148,75	497,74	45	60
8+725	0						

C. Data Perkerasan

Dalam perhitungan tebal perkerasan, data yang diambil berasal dari jalan Lingkar Utara. Sedangkan besarnya lalu lintas yang diambil berdasarkan hasil survey yang dilaksanakan pada tahun 1993 di jalan tersebut.

1. Lalulintas

Data lalu lintas yang dipakai adalah sebagai berikut :

a. LHR tahun 1993 :

- Kendaraan ringan	10297 kendaraan
- Bus	620 kendaraan
- Truk 2 as	1119 kendaraan
- Truk 3 as	399 kendaraan

b. Faktor pertumbuhan lalu lintas : 10 %

c. Jalan memiliki 2 jalur dengan 2 arah

d. Umur rencana : 10 tahun

2. Tanah Dasar

Konstruksi perkerasan berada pada kondisi tanah dasar yang berbeda nilai CBR nya. Dari berbagai nilai CBR yang ada, maka pada jalan Lintas Utara didapatkan nilai CBR untuk tanah dasar 10 %.

3. Faktor Regional

Jalan ini memiliki curah hujan rata-rata adalah < 900 mm/tahun.

4. Lapisan Material Berbutir

Bahan lapis berbutir adalah batu pecah dengan nilai CBR 80 % untuk lapis pondasi atas dan sirtu dengan CBR 50 %

untuk lapis pondasi bawah.

Dengan data tersebut maka tebal perkerasan dapat dihitung dengan metoda Bina Marga 1987 dan metoda Road Note 31.

D. Perhitungan Tebal Perkerasan
Dengan Metoda Bina Marga 1987

LHR pada tahun ke 10 (akhir umur rencana) dengan rumus $(1+i)^n$:

- Kendaraan ringan = $10297 (1+0,1)^{10} = 26707,8$ kendaraan
- Bus = $620 (1+0,1)^{10} = 1608,1$ kendaraan
- Truk 2 as = $1119 (1+0,1)^{10} = 2902,4$ kendaraan
- Truk 3 as = $399 (1+0,1)^{10} = 1034,9$ kendaraan

Besarnya angka ekivalen (E) masing-masing beban adalah :

- Kendaraan ringan 2 ton = $0,0002 + 0,0002 = 0,0004$
- Bus 8 ton = $0,0183 + 0,1410 = 0,1593$
- Truk 2 as 13 ton = $0,1410 + 0,9238 = 1,0648$
- Truk 3 as 20 ton = $0,2923 + 0,7452 = 1,0375$

Menghitung lintas ekivalen permulaan (LEP) :

- Kendaraan ringan = $0,5 \times 10297 \times 0,0004 = 2,0594$
- Bus 8 ton = $0,5 \times 620 \times 0,1593 = 49,3830$
- Truk 2 as 13 ton = $0,5 \times 1119 \times 1,0648 = 595,7556$
- Truk 3 as 20 ton = $0,5 \times 399 \times 1,0375 = 206,9813$

$$\begin{array}{r} \text{-----} \\ \text{LEP} = 854,1793 \end{array} +$$

Menghitung lintas ekuivalen akhir (LEA) :

- Kendaraan ringan = $0,5 \times 26707,8 \times 0,0004 = 5,3416$
- Bus 8 ton = $0,5 \times 1608,1 \times 0,1593 = 128,0852$
- Truk 2 as 13 ton = $0,5 \times 2912,4 \times 1,0648 = 1545,2378$
- Truk 3 as 20 ton = $0,5 \times 1034,9 \times 1,0375 = 536,8544$

$$LEA_{10} = 2215,5190$$

Menghitung lintas ekuivalen tengah (LET) :

$$LET = 0,5 (LEP + LEA)$$

$$= 0,5 (854,1793 + 2215,5190) = 1534,8492$$

Menghitung lintas ekuivalen rencana (LER) :

$$LER = LET \times UR/10 = 1534,8492 \times 10/10 = 1534,8492$$

Mencari ITP :

CBR tanah dasar = 10 %, dari gambar 2.11. didapat DDT = 6

Dari tabel 2.5. didapat faktor regional (FR) = 1

Dari tabel 2.6. didapat indeks permukaan akhir umur rencana (IP) = 2,5

Lapis aspal yang dipakai adalah lapis aspal beton, maka dari tabel 2.7. didapat indeks permukaan awal umur rencana (IPo) ≥ 4

Dengan menggunakan nomogram seperti pada lampiran 11, didapat $\overline{ITP} = 8,7$

Pada tabel 2.8. didapat bahwa :

- Aspal beton MS 744 $a_1 = 0,4$
tebal minimal = 7,5 cm
- Base course dipakai batu pecah CBR 80 % $a_2 = 0,13$
tebal minimal = 20 cm

- Subbase course dipakai sirtu CBR 50 % $a_3 = 0,12$
tebal minimal = 10 cm

maka :

$$\overline{ITP} = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3$$

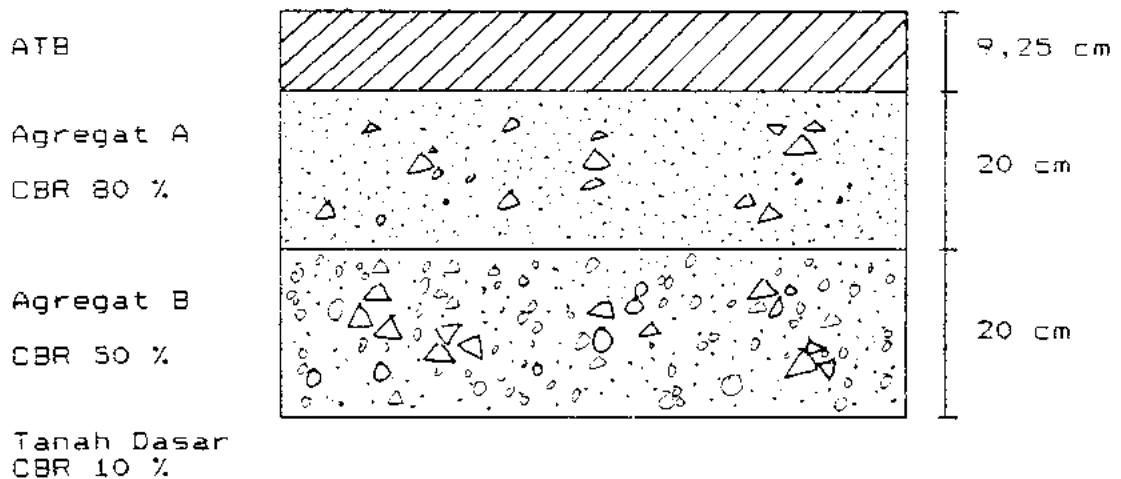
$$8,7 = 0,4 \times D_1 + 0,13 \times 20 + 0,12 \times 20$$

$$8,7 = 0,4 \times D_1 + 5$$

$$D_1 = 9,25 \text{ cm}$$

Jadi tebal masing-masing perkerasan adalah :

- Aspal beton MS 744 = 9,25 cm
- Batu pecah (CBR 80%) = 20,00 cm
- Sirtu (CBR 50 %) = 20,00 cm



E. Perhitungan Tebal Perkerasan

Dengan Metoda Road Note 31

Berdasarkan LHR pada awal umur rencana tahun 1993, untuk semua jenis kendaraan berjumlah 12435 buah. Karena

pada jalan Lingkar Utara terdiri dari 2 jalur dan 2 arah maka untuk satu arah berjumlah 6217,5 buah kendaraan.

Menghitung jumlah kendaraan pada akhir umur rencana :

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^1 = 2496326$$

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^2 = 2745956$$

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^3 = 3020555$$

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^4 = 3322610$$

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^5 = 3654871$$

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^6 = 4020358$$

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^7 = 4422394$$

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^8 = 4864634$$

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^9 = 5351097$$

$$6217,5 \times 365 \times (1+0,1)^{10} = 5886207$$

————— +

$$= 39785011 \text{ kendaraan}$$

Jadi jumlah kendaraan yang lewat hingga akhir umur rencana adalah 39785011 kendaraan untuk semua jenis yang akan lewat pada jalan tersebut selama umur rencana.

Untuk mencari jumlah kumulatif beban standar yang melalui jalan Lingkar Utara selama umur rencana yaitu :

$$\text{Cumulatif Standart Axle Load} = C \times \Sigma D \times E$$

dimana : C = jumlah sumbu

ΣD = jumlah sumbu yang lewat selama umur rencana

E = angka ekivalen

Besarnya angka ekivalen masing-masing beban seperti terdapat pada tabel 2.11. adalah :

$$\text{- Kendaraan ringan 2 ton} = 0,0004 + 0,0004 = 0,0008$$

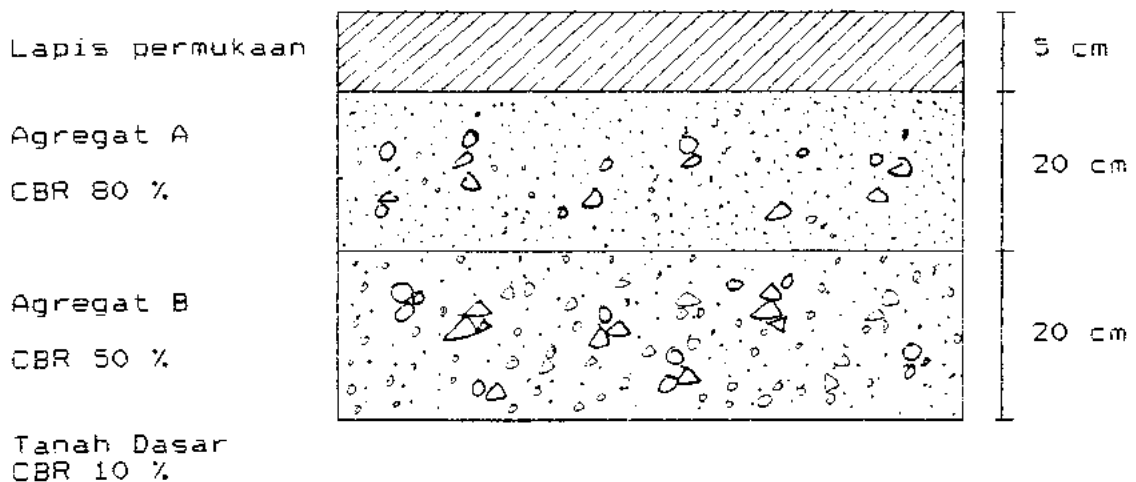
- Bus 8 ton $= 0,0200 + 0,1410 = 0,1610$
- Truk 2 as 13 ton $= 0,1410 + 0,9300 = 1,0710$
- Truk 3 as 20 ton $= 0,2610 + 2 \times 0,514 = 1,2890$

Menghitung beban standar kumulatif :

- Kendaraan ringan $= 32941989 \times 0,0008 = 26353,5912$
 - Bus 8 ton $= 1989251 \times 0,1610 = 320269,4110$
 - Truk 2 as 13 ton $= 3580651 \times 1,0710 = 3834877,2210$
 - Truk 3 as 20 ton $= 1273120 \times 1,0710 = 1341051,6800$
-
- $= 5822551,9030$

Karena beban standar kumulatif yang lewat jalan tersebut lebih besar dari 2500000 kendaraan maka tebal lapis perkerasan yang diambil adalah :

- lapis permukaan $= 5 \text{ cm}$
- lapis pondasi atas $= 20 \text{ cm}$
- lapis pondasi bawah $= 20 \text{ cm}$



F. Perbandingan Ketebalan Dan Biaya Konstruksi

1. Perbandingan Ketebalan

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan hasil yang relatif besar antara metoda Bina Marga 1987 dengan metoda Road Note 31. Perbandingan tersebut terdapat pada lapis permukaannya.

Seperti terlihat pada tabel dibawah ini :

	Lapis Permukaan (cm)	Lapis Pondasi Atas (cm)	Lapis Pondasi Bawah (cm)
Bina Marga 1987	9,25	20	20
Road Note 31	5,00	20	20

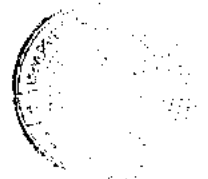
2. Perbandingan Biaya

Perbedaan ketebalan akan mengakibatkan perbedaan pada biaya konstruksinya. Biaya konstruksi disini adalah harga dari masing-masing lapis perkerasan dari bahan perkerasan tersebut sampai penghampirannya. Harga ini merupakan harga yang berlaku pada saat ini. Harga dari masing-masing perkerasan adalah :

- *Asphalt Treated Base* = Rp. 133.598,48 /m³
- Agregat Klas A = Rp. 20.019,42 /m³
- Agregat Klas B = Rp. 17.961,83 /m³

Menghitung biaya konstruksi dari metoda Bina Marga 1987 (lapis permukaan dianggap memakai ATB) :

- *Asphalt Treated Base* = Rp. 133.598,48 x 1 x 0,0925
= Rp. 12357,86



- Agregat Klas A = Rp. 20.019,42 x 1 x 0,2
= Rp. 4003,88
- Agregat Klas B = Rp. 17.961,83 x 1 x 0,20
= Rp. 3592,37

Total biaya = Rp. 19954,11

Menghitung biaya konstruksi dari metoda Road Note 31 :

- *Asphalt Treated Base* = Rp. 133.598,48 x 1 x 0,05
= Rp. 6679,92
- Agregat Klas A = Rp. 20.019,42 x 1 x 0,2
= Rp. 4003,88
- Agregat Klas B = Rp. 17.961,83 x 1 x 0,2
= Rp. 3592,37

Total biaya = Rp. 14276,17

Dari hal tersebut dapat dilihat bahwa perhitungan tebal perkerasan dengan metoda Road Note akan menghasilkan ketebalan yang lebih tipis dan memiliki biaya konstruksi yang lebih murah dibandingkan dengan perhitungan tebal perkerasan menggunakan metoda Bina Marga 1987.

Perbedaan tersebut sebesar Rp. 5677,94 /m³

G. Data Drainasi

Berhubung daerah disekitar jalan merupakan daerah pemukiman yang sudah memiliki saluran-saluran pembuangan tersendiri maka "catchment area", praktis adalah selebar jalan yang bersangkutan. Dengan sendirinya sudah dapat

diperkirakan bahwa saluran samping akan menampung debit yang relatif kecil.

a. Panjang Saluran

Karena pada ruas jalan yang ditinjau dipertengahannya terdapat sungai yaitu sungai Boyong, maka saluran yang akan dibuat diarahkan ke sungai tersebut. Untuk itu dibuat dua ruas aliran yang keduanya menuju pada sungai tersebut.

Ruas pertama yaitu antara perempatan Kentungan sampai sungai Boyong sepanjang 940 meter.

Ruas kedua yaitu antara sungai Boyong sampai perempatan Monumen Yogya Kembali sepanjang 385 meter.

b. Lebar Jalan

Lebar jalan pada ruas jalan yang ditinjau adalah :

Jalur cepat = 2×7 m

Jalur lambat = $2 \times 3,5$ m

Median untuk jalur cepat = 1,5 m

Pembatas jalur cepat dengan jalur lambat = $2 \times 0,4$ m

Total lebar jalan = 23,3 m.

Karena saluran dibuat pada dua sisi maka lebar limpasan pada jalan tersebut adalah 11,65 m.

c. Curah Hujan

Curah hujan yang diambil adalah curah hujan yang tertinggi antara tahun 1984 sampai dengan tahun 1993, yang diambil dari stasiun hujan di Adisucipto Yogyakarta.

Tinggi hujan harian maksimum antara tahun tersebut adalah 146,3 mm, dengan menganggap periode ulang hujan selama 10 tahun terlampaui.

H. Perhitungan Drainasi

- Luas "catchment area" (Q):

$$\text{Ruas I} = 940 \times 11,65 = 10951,00 \text{ m}^2 = 0,0110 \text{ km}^2$$

$$\text{Ruas II} = 385 \times 11,65 = 4485,25 \text{ m}^2 = 0,0045 \text{ km}^2$$

- Koefisien aliran (α), untuk jalan aspal = 95 %

- Angka penyebaran hujan (β), karena luas penyebaran hujan kurang dari 1 km² maka angka penyebarannya = 1

- Perhitungan dimensi

Untuk ruas I :

$$\text{Dicoba : } V \text{ aliran} = 2,3 \text{ m/dt}$$

$$T = L/V = 940 / (2,3 \times 60 \times 60) = 0,1135 \text{ jam}$$

Dengan rumus pendekatan Haspers :

$$R_x/q_t = 3,6 \{ T + 1 + 0,0008 (260 - R_x) (2 - T)^2 \}$$

$$146,3/q_t = 3,6 \{ 0,1135 + 1 + 0,0008 (260 - 146,3) (2 - 0,1135)^2 \}$$

$$\text{Didapat } q_t = 28,2761 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$$

$$Q_{\text{maks}} = Q \times \alpha \times \beta \times q_t$$

$$= 0,011 \times 0,95 \times 1 \times 28,2761$$

$$= 0,2955 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$F_1 = Q_{\text{maks}}/V = 0,2955/2,3 = 0,1285 \text{ m}^2$$

Dimensi saluran diambil : Lebar (b) = 0,5 m

Tinggi (H) = 0,5 m

$$F = b \times H = 0,25 \text{ m}^2 > F_1 \dots\dots\dots\text{ok!}$$

= Luas basah (m²).

$$p = 3 \times 0,5 = 1,5 \text{ m}$$

= keliling basah (m).

$$R = F/p = 0,25/1,5 = 0,167$$

= Radius hidrolis

C = Nilai kekasaran "Chezzy" bahan

$$= (100 \times \sqrt{R}) / (0,35 + \sqrt{R}) = 53,8435$$

$$V = C \times \sqrt{R \times I} = 53,8435 \times \sqrt{0,167 \times 0,01}$$

$$= 2,2003 \text{ m/dt} < 2,3 \text{ m/dt} \dots\dots\text{ok!}$$

Untuk ruas II :

Dicoba : V aliran = 1,9 m/dt

$$T = L/V = 385 / (1,9 \times 60 \times 60) = 0,0563 \text{ jam}$$

Dengan rumus pendekatan Haspers :

$$R_x/q_t = 3,6 \{T + 1 + 0,0008 (260 - R_x) (2 - T)^2\}$$

$$146,3/q_t = 3,6 \{0,0593 + 1 + 0,0008 (260 - 146,3) (2 - 0,0593)^2\}$$

$$\text{Didapat } q_t = 29,0289 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$$

$$Q_{\text{maks}} = Q \times \alpha \times \beta \times q_t$$

$$= 0,0045 \times 0,95 \times 1 \times 29,0289$$

$$= 0,1241 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$F_1 = Q_{\text{maks}}/V = 0,1241/1,9 = 0,0653 \text{ m}^2$$

Dimensi saluran diambil : Lebar (b) = 0,4 m

Tinggi (H) = 0,4 m

$$F = b \times H = 0,16 \text{ m}^2 > F_1 \dots\dots\text{ok!}$$

$$p = 3 \times 0,4 = 1,2 \text{ m}$$

$$R = F/p = 0,16/1,2 = 0,1333$$

$$C = (100 \times \sqrt{R}) / (0,35 + \sqrt{R}) = 51,0560$$

$$V = C \times \sqrt{R \times I} = 51,0560 \times \sqrt{0,1333 \times 0,01}$$

$$= 1,8641 \text{ m/dt} < 1,9 \text{ m/dt} \dots\dots\text{ok!}$$