

PERENCANAAN RIGID PAVEMENT DAN DRAINASE JALAN TOL SEMARANG – BAWEN PAKET IV (Sta. 13+300 – Sta.14+300)

Aris Krisdiyanto

Dosen Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

ABSTRAK

Jalan Tol Semarang – Solo merupakan rencana strategis jaringan jalan tol yang berlokasi di Propinsi Jawa Tengah. Untuk mengakomodasi pertumbuhan lalu lintas kota yang sangat tinggi dan menghubungkan secara langsung dengan beberapa kabupaten dan kota di Jawa Tengah. Selain itu juga diharapkan akan memacu perkembangan perekonomian Indonesia pada umumnya dan daerah di sekitar jalan tol pada khususnya.

Dengan makin meningkatnya frekuensi kendaraan dari ke kawasan Semarang dan berdasarkan surat Direktur Jendral Prasarana Wilayah No.UM.0103-Dp/244, tanggal 15 April 2004, perihal penetapan rute jalan tol Semarang-Solo yang merupakan salah satu prioritas kegiatan pemerintah Jawa Tengah Nomor 6 Tahun 2004 tentang Rencana Kerja Pemerintah (RKP) Propinsi Jawa Tengah Tahun 2005. Rencana Kegiatan Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo merupakan bagian usaha pemenuhan peningkatan kebutuhan akan prasarana jalan raya sehingga diharapkan mampu memecahkan permasalahan yang timbul pada ruas jalan tersebut.

Dalam studi ini membahas perencanaan perkerasan kaku dan drainase jalan tol yang mampu menopang beban lalu lintas dan menangani air limpasan hujan yang terjadi. Lokasi studi ini berada pada proyek pembangunan Jalan Tol Semarang – Bawen untuk paket IV pada wilayah Beji – Tinalun.

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Pergerakan arus lalu lintas yang melewati ruas jalan Semarang–Bawen-Solo merupakan salah satu jalur penghubung antara daerah Jawa bagian utara dengan daerah Jawa bagian selatan. Ruas jalan Semarang-Bawen merupakan salah satu ruas jalan yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas tinggi setiap harinya bahkan pada titik–titik tertentu seperti pasar dan tempat umum lainnya terjadi kemacetan. Kemacetan yang terjadi ini akan mengalami puncaknya pada waktu–waktu tertentu seperti liburan hari raya, liburan sekolah, dan liburan akhir pekan.

Perencanaan dan pelaksanaan pembangunan jalan tol ini dibagi dalam beberapa tahap. Tahap pertama yaitu pembangunan jalan tol ruas Semarang- Bawen dengan panjang sekitar 24 km, dimana 4,5 km terletak pada wilayah Kota Semarang dan 19,5 km pada wilayah Kabupaten Semarang. Kota Bawen merupakan titik pertemuan antara 3 ruas jalan yaitu Semarang, Solo, dan Magelang. Dalam penulisan ini yang ditinjau adalah perencanaan *rigid pavement* dan drainase jalan tol pada paket IV sta 13+300 – sta 14+300 saja.

Pada perencanaan *rigid pavement* akan berkaitan erat dengan jumlah LHR dan LHR pada saat umur rencana. Tujuannya untuk mengetahui tebal perkerasan yang akan digunakan agar

sesuai dengan beban sumbu kendaraan yang akan melewati. Salah satu tujuan dari perencanaan jalan adalah merencanakan jalan yang aman, nyaman bagi pengguna jalan. Dan pada perencanaan drainase sistem drainase akan berkaitan erat dengan site plan jalan, alinemen horizontal, alinemen vertikal, diagram elevasi, dan elevasi permukaan jalan. Tujuannya adalah mengalirkan limpasan air yang terjadi dipermukaan jalan secara grafitasi dan dibuang melalui saluran drainase menuju saluran pembuangan (*outlite*).

Maksud dari pemerintah membangun jalan tol Semarang–Solo sebagai solusi untuk mengurangi kemacetan dan memperpendek waktu tempuh sehingga nantinya jarak Semarang – Solo dapat ditempuh lebih cepat dari sebelumnya.

RUMUSAN MASALAH

Perumusan masalah dalam perencanaan ini adalah

1. Mengidentifikasi jumlah jalur dan lajur beserta lebarnya sesuai dengan volume lalu lintas yang melewati berdasarkan LHR.
2. Menentukan desain struktur jalan tol : alinyemen horizontal, alinyemen vertikal, rencana perkerasan, perencanaan sistem drainase.

MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari penyusunan laporan perencanaan ini adalah merencanakan pembangunan jalan Tol ruas Semarang – Bawen untuk mengurangi kemacetan lalu lintas, meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan mengembangkan wilayah. Adapun tujuan dari perencanaan ini adalah

1. Merencanakan sistem jaringan jalan
2. Merencanakan geometrik jalan, struktur perkerasan dan merencanakan sistem drainase.
3. Merencanakan anggaran biaya.

RUANG LINGKUP MATERI

Perencanaan Pembangunan Jalan Tol Semarang – Bawen Paket IV ini dibatasi pada beberapa masalah antara lain

1. Perencanaan geometrik yang terdiri dari alinemen horizontal dan alinemen vertikal dengan data diperoleh dari intansi terkait.
2. Perencanaan perkerasan jalan.
3. Perencanaan sistem drainase dengan menggunakan data dari intansi setempat, debit yang ditinjau hanya dari air hujan saja.

DASAR TEORI

Maksud dan tujuan penyelenggaraan jalan tol, menurut Peraturan Pemerintah Nomor 8 tahun 1990, Pasal 2, adalah untuk mewujudkan pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya serta keseimbangan dalam pengembangan wilayah secara adil, dimana pembinaannya memakai dana yang berasal dari masyarakat, yakni melalui pembayaran tol.

Syarat – syarat jalan tol (menurut Peraturan Perundang – Undangan DEP PU, pasal 4) :

1. Jalan tol adalah alternatif jalan umum yang ada, dan pada dasarnya merupakan jalan baru.
2. Jalan tol didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 80 km/jam untuk antar kota, dan 60 km/jam untuk dalam kota.
3. Jalan tol didesain untuk mampu menahan muatan sumbu terpusat tunggal kendaraan sekurang-kurangnya 8,2 ton atau muatan sumbu terpusat tandem minimal 14,5 ton.
4. Jumlah jalan masuk ke jalan tol dibatasi secara efisien.

Perencanaan Alinemen Horisontal

Padaperencanaan alinemen horisontal, umumnya akan ditemui dua bagian jalan, yaitu : bagian lurus dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan yang terdiri dari 3 jenis tikungan yang digunakan, yaitu :

- Lingkaran (*Full Circle = F-C*)
- Spiral-Lingkaran-Spiral (*Spiral- Circle- Spiral = S-C-S*)
- Spiral-Spiral (*S-S*)

Perencanaan Alinemen Vertikal

Alinemen Vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinemen vertikal terdapat kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut dapat pula kelandaian = 0 (datar).

Macam-macam lengkung vertikal :

1. Lengkung Vertikal Cembung
2. Lengkung Vertikal Cekung

Perencanaan Perkerasan

Perencanaan lapis perkerasan harus mempertimbangkan hal-hal berikut :

- a. Syarat berlalu lintas
- b. Syarat Struktural

c. Kondisi Lingkungan

d. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

e. Material Perkerasan

- ☞ Lalu lintas harian rata-rata (LHR)
- ☞ Nilai konversi kendaraan
- ☞ Volume lalu lintas
- ☞ Kapasitas jalan (C)
- ☞ Derajat kejenuhan

Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan dasarnya. Perkerasan kaku atau (*rigid pavement*) dipakai sebagai dasar perkerasan jalan karena jalan tersebut akan memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Keistimewaan menggunakan perkerasan jenis ini adalah pendistribusian beban relatif luas pada subgrade sehingga tingkat kelelahan (*fatigue*) menjadi minim hal ini dikarenakan beton memiliki tingkat kekakuan yang tinggi (*stiffness*).

Lapisan konstruksi ini direncanakan untuk dapat mereduksi beban yang lewat di atasnya sehingga dapat mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan perkuatan tanah dasar akibat pengaruh cuaca dan kondisi lingkungan. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton. Plat beton memiliki sifat yang cukup kaku, sehingga dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan

Pekerjaan galian dan timbunan dilakukan apabila alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal dan penomeran staioning telah pasti.

Paling sederhana pekerjaan galian dan timbunan adalah apabila jumlah bahan untuk penimbunan diambil seluruhnya dari daerah galian, pada jalur proyek yang sama tanpa kekurangan atau kelebihan atau dibuang walau pengaruh kembang susut telah diperhitungkan. Penentuan titik –titik perlu ditentukan sebagai titik imbang yang menentukan antara daerah galian dan timbunan. Namun jenis tanah ikut dipertimbangkan dalam menentukan penggunaannya sebagai timbunan.

DRAINASE JALAN RAYA

Salah satu aspek terpenting dalam perencanaan jalan raya adalah melindungi jalan dari air permukaan dan air tanah. Dengan kata lain drainase merupakan salah satu faktor terpenting dalam

perencanaan pekerjaan jalan. Jika air memasuki struktur perkerasan dan tanah dasar (*subgrade*) menjadi lemah dan hal ini akan menyebabkan konstruksi jalan lebih peka terhadap kerusakan akibat lalu lintas.

Berdasarkan fungsinya drainase jalan dibedakan menjadi drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Drainase bawah permukaan ditunjukkan untuk menghilangkan air hujan dari permukaan jalan sehingga lalu lintas dapat melaju dengan aman dan efisien. Disamping itu juga untuk meminimalkan penetrasi air hujan kedalam struktur jalan. Sedangkan drainase bawah permukaan berfungsi untuk mencegah masuknya air dalam struktur jalan dan mengeluarkan air dari struktur jalan.

Langkah awal dalam perencanaan sistem drainase adalah analisis hidrologi dan analisis hidrolika.

Dimensi sarana drainase ditentukan berdasarkan kapasitas yang diperlukan (Q_s), yaitu harus dapat menampung besarnya debit aliran rencana (Q_r) yang timbul akibat air hujan pada daerah aliran ($Q_s \propto Q_r$). Q_r adalah debit limpasan rencana akibat curah hujan pada daerah tangkapan dalam waktu tertentu.

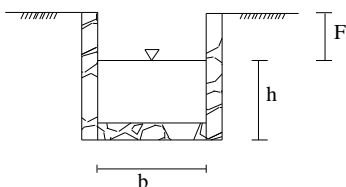
Debit aliran rencana (Q_r) dapat dihitung menggunakan metoda Rasional :

$$Q = \frac{C \times I_t \times A}{3,6}$$

Intensitas curah hujan dapat dihitung menggunakan rumus Dr. Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3}$$

Perancangan Saluran



Gambar 1 Penampang saluran segi empat terbuka

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$Q = \frac{A}{V} = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Keterangan :

n = Angka kekasaran dapat ditentukan berdasarkan jenis bahan yang dipergunakan.

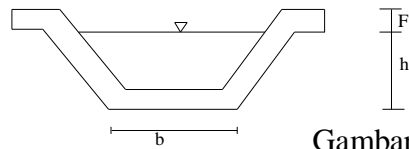
S = kemiringan dasar saluran

R = Jari-jari hidrolis saluran ($R = A/P = h^2 / 3h = 0,333 h$)

$A = \text{Luas penampang} = b \times h = h^2$

$Q = \text{Debit saluran}$

$V = \text{Kecepatan aliran}$



Gambar 2.3 Penampang saluran trapesium

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$Q = A \times V$$

Keterangan :

$R = \text{Jari-jari Hidrolis, } R = A/P$

$V = \text{Kecepatan aliran}$

$Q = \text{Debit saluran dimana } Q = Q \text{ rencana}$

$S = \text{Kemiringan dasar saluran (ditentukan berdasarkan topografi atau disebut } S = 0,0006)$

ANALISA PERHITUNGAN

Perencanaan Perkerasan Jalan

Data perencanaan volume lalu – lintas

- Masa konstruksi direncanakan: 2 Tahun
- Umur rencana : 20 Tahun
- Data Lalu Lintas

Kendaraan kecil = 3600 kendaraan

Kendaraan sedang = 1421 kendaraan

Kendaraan Besar = 304 kendaraan +

$LHR_s = 5325 \text{ kendaraan / hr}$

- Jalan yang direncanakan jalan Kelas I
- Pertumbuhan lalu – lintas direncanakan 2%

Perhitungan lalu – lintas rata - rata

LHR pada saat awal umur dengan rumus $LHR_s (1+i)^n$

- Kendaraan kecil $3600 \times 2,5 = 9000 \text{ smp /hari}$

- Kendaraan sedang $1421 \times 2,5 = 3552,5$ smp/hari
- Kendaraan Besar $304 \times 3 = 912$ smp / hari
- LHR pada saat awal umur rencana 2 thn $LHR a (1+i)^n = 14.282$ smp/hr = 595 smp/jam
- LHR pada saat akhir umur rencana 20 thn $LHR a (1+i)^n = 20.008$ smp/hr = 834 smp/jam

Didalam tata cara perencanaan geometric jalan antar kota tahun 1997 (TPGJAK1997) didapat faktor perubahan LHRT ke lalu lintas jam puncak 8%.

$$QDH = LHR_T \cdot k$$

$$= 834 \times 0,09$$

$$= 75,06 \text{ smp/jam}$$

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

$$= 6600 \times 1 \times 1 \times 0,99$$

$$= 6.534 \text{ smp/jam /arah}$$

$$DS = \frac{Q}{C}$$

$$= \frac{75,06}{6534} = 0,0116 \text{ DS} < 0,65 \rightarrow \text{Lancar}$$

Jumlah kendaraan niaga selama umur rencana 20 tahun

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

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e_{\log(1+i)}} = \frac{(1+0,02)^{20} - 1}{e_{\log(1+0,02)}} = 20,78$$

$$JKN = 365 \times 1.761 \times 20,78 = 13.356.656,7 \text{ kendaraan}$$

Dimana :

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

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

$$JSKN = 365 \times KJSNH \times R$$

$$= 365 \times 3.558 \times 20,78$$

$$= 26.908.442,4 \text{ kendaraan}$$

Luas tulangan min menurut (SNI'91) 0,14%

4.2 Perencanaan Penulangan

$$AS_{\min} = 0,0014 \cdot 300 \cdot 1000 = 420 \text{ mm}^2$$

- Dicoba tulangan $\emptyset 12 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2$

$$= 113,04 \text{ mm}$$

- Jumlah Tulangan = $\frac{420}{113,04} = 3,7 \approx 4 \text{ buah}$
- Jarak tulangan dalam 1m = $\frac{1000}{3} = 333 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$
- As terpasang = $4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2$
= $452,16 \text{ mm}^2$

As Terpasang > As min $452 \text{ mm}^2 > 420 \text{ mm}^2$ aman! →

Jadi digunakan tulangan Ø12 – 300 mm → As = 452 mm^2

Tulangan memanjang yang digunakan Ø12 – 300 mm

Tulangan Melintang yang digunakan Ø12 – 300 mm dengan lebar plat 14 m 4 lajur.

4.2.1 Dowel

Berdasarkan tabel di atas dengan tebal pelat 300 mm, diperoleh ketentuan untuk dowel sebagai berikut :

- Diameter batang = 38 mm
- Panjang batang = 450 mm
- Jarak antar batang = 300 mm

4.2.2 Tie Bar

- Tebal pelat beton (h) = 300 mm

Dari hasil grafik jarak tie bar maksimum menurut AASHTO 1986 didapat jarak maksimum tie bar sebagai berikut (grafik terlampir) :

Tabel 4.5 Jarak Maksimum Tie Bar

No. Sambungan	Jarak (x) (m)	Jarak Maksimum Tie Bar (cm)	
		Ø 12 mm	Ø 16 mm
1	3,5	102	Maks. = 120
2	4,5	79	Maks. = 120
3	7	51	Maks. = 120
4	2	Mak=120	Maks. = 120

Perencanaan Geometrik

4.3.1 Alinemen Horizontal

Data dan klasifikasi desain :

$$V_r = 80 \text{ Km/jam}$$

$$e_{\max} = 10\%, \quad e_n = 2\%$$

$$f_{\max} = 0,24 - 0,00125 \cdot V_r$$

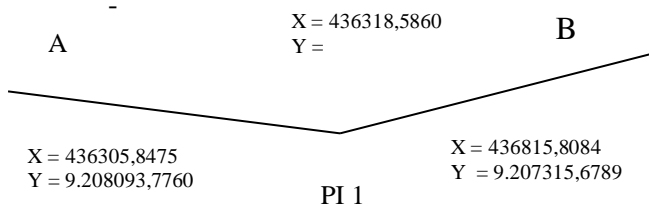
$$= 0,24 - 0,00125 \cdot 80$$

$$= 0,14$$

V_r 80 Km/jam maka $R_{\min} = 210 \text{ m}$.

a. Perencanaan tikungan I

- Titik A dianggap berhimpitan dengan Sta 0 + 000 dengan koordinat dan elevasi seperti pada gambar dibawah.
- Titik PI_1 dengan koordinat seperti pada gambar dibawah, merupakan tikungan yang pertama yang akan direncanakan.
- Titik B adalah titik akhir (sembarang) yang ditinjau, terletak pada sumbu jalan rencana.



➤ Perhitungan Jarak Antar PI

☞ Menggunakan rumusa phytagoras

$$d_{A - PI_1} = \sqrt{(X_{PI_1} - X_A)^2 + (Y_{PI_1} - Y_A)^2}$$
$$d_{PI_1 - B} = \sqrt{(X_B - X_{PI_1})^2 + (Y_B - Y_{PI_1})^2}$$

➤ Perhitungan Sudut PI

$$\text{Sudut azimuth} = \arctan \frac{X}{Y}$$

Dimana :

X dan Y = koordinat azimuth

Δ tikungan = sudut azimuth B – sudut azimuth PI

Dari data yang ada, maka diperoleh :

TITIK	A	PI	B
X	436.305,8475	436.318,5860	436.815,8084
Y	9.208093,7760	9.207846,7320	9.207315,6789
X	0	12,712	-497,2224
Y	0	- 247,044	-531,052
Arc tan	0	-2°56'44,3	0°10'9,33
Δ	-	2°46'34,97	-

b. Perhitungan Tikungan PI I

- Menghitung Jari – jari minimum

$$R_{min} = \frac{v^2}{127+(e+f)} = \frac{80^2}{127+(0,1+0,14)} = 209m$$

Menurut sumber TPGJAK 1997 hal 28 Rmin untuk Vr 80 km/jam adalah 210 m , direncanakan Rd = 250 m

- Menentukan Superelevasi Desain

$$e_{ijd} = \left[\frac{vr^2}{127xRd} - fmax \right] \times 100\% = \left[\frac{80^2}{127 \times 250} - 0,14 \right] \times 100\% = 6,15\%$$

- Menghitung komponen tikungan

Menentukan panjang lengkung peralihan (Ls)

- Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T$$

$$= \frac{80}{3,6} \cdot 3$$

$$= 66,67 \text{ m} \approx 70 \text{ m (dibulatkan)}$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal dengan rumus modifikasi shortt :

$$L_s = 0,022 \frac{v^3}{Rd \times c} - 2,727 \frac{vr \times e}{c}$$

$$= 0,022 \frac{80^3}{250 \times 0,4} - 2,727 \frac{80 \times 0,0615}{0,4} = 77,18 \text{ m}$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \times re} \times Vr = \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,025} \times 80 = 71,1m$$

- Diambil perhitungan L_s yang terbesar 77,18 m ~80 m

$$\Theta_s = \frac{L_s \times 360}{2\pi \times 2Rd} = \frac{80 \times 360}{(2 \times 3,14) \times (2 \times 250)} = 9^\circ 10' 19,11$$

$$L_c = \frac{(\Delta 1 - 2 \times \theta_s)}{180} \times \pi \times Rd$$

$$= \frac{(2^\circ 46' 34,97 - 2 \times 9^\circ 10' 19,11)}{180} \times 3,14 \times 250 = 67,89 \text{ m}$$

$L_c > 20 \text{ M}$ maka tikungan yang digunakan jenis S-C-S

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40Rd^2} \right)$$

$$= 80 \left(1 - \frac{80^2}{40.250^2} \right)$$

$$= 79,79 \text{ m}$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6Rd}$$

$$= \frac{80^2}{6.250} = 4,27 \text{ m}$$

$$P = \frac{L_s^2}{6Rd} - Rd (1 - \cos \Theta_s)$$

$$= \frac{80^2}{6.250} - 250(1 - \cos 9^\circ 10' 19,11)$$

$$= 1,076 \text{ m}$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{40Rd^2} - Rd \cdot \sin \Theta_s$$

$$= 80 - \frac{80^3}{40.250^2} - 250 \cdot \sin 9,17$$

$$= 39,94 \text{ m}$$

$$T_s = (Rd + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k$$

$$= (250 + 1,08) \tan \frac{1}{2} 2^\circ 46' 34,97 + 39,94$$

$$= 46,02 \text{ m.}$$

$$E_s = (Rd + P) \sec \frac{1}{2} \Delta - Rd$$

$$= (250 + 1,29) \sec \frac{1}{2} 2^\circ 46' 34,97 - 250$$

$$= 1,36 \text{ m}$$

$L_c > 20 \text{ m}$ sehingga dipakai jenis tikungan S-C-S

$$\begin{aligned}
 L_t &= 2 L_s + L_c \\
 &= (2 \times 80) + 67,89 \\
 &= 227,89 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Mencari posisi titik-titik tikungan

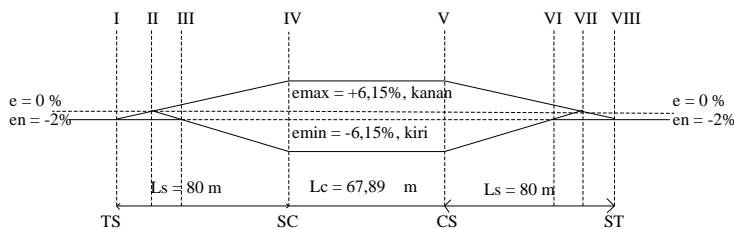
$$\text{Sta. A} = 13+300$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sta. TS} &= \text{Sta. A} + d_{A-P1} - T_s \\
 &= (13+300) + 247,370 - 46,02 \\
 &= 13+501,35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sta. SC} &= \text{Sta TS} + L_s \\
 &= (13+501,35) + 80 \\
 &= 13+421,35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sta. CS} &= \text{Sta SC} + L_c \\
 &= (13+421,35) + 67,89 \\
 &= 13+489,24
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sta. ST} &= \text{Sta CS} + L_s \\
 &= (13+489,24) + 80 \\
 &= 13+569,24
 \end{aligned}$$



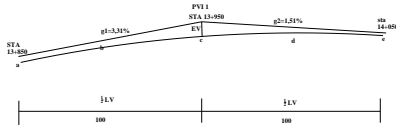
Gambar 4.2 Diagram Superelevasi

Alinemen Vertikal

Jalan yang akan direncanakan menurut TPGJAK 1997 dilihat dari fungsinya arteri kelas jalan I jenis medan bukit dengan kecepatan rencana V_r 80 km/jam.

Data dan ketentuan :

- $V_R = 80$ km/jam, Kelandaian maksimum = 5 %
- $V_R = 80$ km/jam, Jarak Pandang Henti minimum (J_h) = 120 meter.
- $V_R = 80$ km/jam, Jarak Pandang Mendahului minimum (J_d) = 550 meter.



Gambar 4.3 Alinemen Vertikal

$$g_1 = \frac{478,063 - 474,754}{100} \times 100\% = 3,31\%$$

$$g_2 = \frac{479,574 - 478,063}{25} \times 100\% = 1,51\%$$

$$A = (1,51\% - 3,31\%) \times 100\% = -1,8$$

Lengkung vertikal cembung

☞ Mencari panjang L

a) Berdasarkan aljabar kelandaian

1) Berdasarkan jarak pandang henti

- Jarak pandang berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($J_h < L$)

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{399}$$

$$= \frac{1,8 \cdot 120^2}{399}$$

$$= 64,96 \text{ m}$$

$J_h < L = 120 \text{ m} > 64,96 \text{ m} \rightarrow$ **tidak memenuhi**

- Jarak pandang berada di luar dan di dalam daerah lengkung ($J_h > L$)

$$L = 2J_h - \frac{399}{A}$$

$$= 2 \cdot (120) - \frac{399}{1,8}$$

$$= 18,33 \text{ m}$$

$J_h > L = 120 \text{ m} > 18,33 \text{ m} \rightarrow$ **memenuhi**

2) Berdasarkan jarak pandang mendahului

- Jarak pandang berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($J_d < L$)

$$L_v = \frac{A \cdot J_d^2}{840}$$

$$= \frac{1,8 \cdot 550^2}{840}$$

$$= 648,21 \text{ m}$$

$Jd < L = 550 \text{ m} < 648,214 \text{ m} \rightarrow$ **memenuhi**

- Jarak pandangan berada di luar dan di dalam daerah lengkung ($Jd > L$)

$$L_v = 2Jd - \frac{840}{A}$$

$$= 2 \cdot (550) - \frac{840}{1,8}$$

$$= 633,33 \text{ m}$$

$Jd > L = 550 \text{ m} < 633,33 \text{ m} \rightarrow$ **Tidak memenuhi**

b) Berdasarkan kebutuhan drainase

$$L_v = 50 \times A$$

$$= 50 \times (1,8)$$

$$= 90 \text{ m}$$

c) Berdasarkan kenyamanan perjalanan

$$L_v = \frac{A \times V_r^2}{380} = \frac{1,8 \times 80^2}{380} = 30,3 \text{ m}$$

d) Berdasarkan syarat keluwesan bentuk

$$L_v = 0,6 \times V_r$$

$$= 0,6 \times 80 = 48 \text{ m}$$

Jadi panjang L:

- Berdasarkan jarak pandang henti

= 120 m

m	X (mm)	X ²
1	216	46.656
2	198	39.204
3	169	28.561
4	162	26.244
5	142,75	20.377,56
6	117	13.689
7	88,51	7834,02
8	69,94	4.891,6
9	64,59	4.171,87

- Berdasarkan jarak pandang mendahului
- Berdasarkan kebutuhan drainase
- Berdasarkan keluwesan bentuk
- Berdasarkan kenyamanan perjalanan

Berdasarkan pertimbangan ekonomis diambilLv
maka:

$$E_v = \frac{A.L}{800} = \frac{1,8.50}{800}$$

$$= 0,45$$

$$Y = \frac{A}{200 \times LV} \times X^2$$

$$= \frac{1,8}{200 \times 50} \times 11,25^2 = 0,023 \text{ m}$$

☞ Perhitungan Stationing

$$\text{Sta a} = \text{Sta PVI 1} - (1/2 \text{ Lv})$$

$$= 13+950 - 25 = 13+925$$

$$\text{Sta b} = \text{Sta PVI 1} - (1/4 \text{ Lv})$$

$$= 13+950 - 12,25 = 13+937,75$$

$$\text{Sta c} = \text{Sta PVI 1}$$

$$= 13+950$$

$$\text{Sta d} = \text{Sta PVI 1} + (1/4 \text{ LV})$$

$$= 13+950 + 12,25 = 13+962,25$$

$$\text{Sta e} = \text{STA PVI 1} + (1/2 \text{ LV})$$

$$= 13+950 + 25 = 13+975$$

10	52,66	550	2.773,07
n	$\Sigma X = 90$	m	$\Sigma X^2 =$
=	1.280,45	m	194.402,12
10	= 30,3	m	
	= 50	m	

PERENCANAAN DRAINASE

4.4.1. Analisa Hidrologi

- a. Menentukan Frekuensi hujan rencana pada masa ulang (T) tahun.

Perhitungan Cara Gumbel

- Hujan rata – rata = $\Sigma X/n$
 $= 1.280,45 / 10 = 128,045$
- Standar Deviasi = $\sqrt{\frac{\Sigma(X^2) - \bar{X} \Sigma X}{n-1}}$
 $= \sqrt{\frac{194402,12 - 128,045 \cdot 1280,45}{10-1}} = 58,163$

Tahun Pengamatan	Curah Hujan Maksimum	Tahun Pengamatan	Curah Hujan Maksimum
2001	88,51	2006	198
2002	69,94	2007	162
2003	64,59	2008	169
2004	142,75	2009	216
2005	52,66	2010	117

Direncanakan saluran yang akan digunakan jenis saluran sekunder dengan periode ulang 5 tahun.

- Frekuensi hujan pada periode ulang (5) Tahun

$$R_T = \bar{X} + K \cdot Sx = 128,045 + 1,0580 \cdot 58,163 = 189,58 \text{ mm}$$

- b. Menentukan waktu konsentrasi

Diketahui $g = 6\% = 0,06 \longrightarrow$ dari data long section

$S = 2\% = 0,02 \longrightarrow$ dari data cross section

$W = 17 \text{ m}$ (lebar jalan)

$$X = \frac{g}{s} \times w = \frac{0,06}{0,02} \times 17 = 51 \text{ m (lebar memanjang)}$$

$$L = \sqrt{W^2 + X^2} = \sqrt{17^2 + 51^2} = 53,76 \text{ m}$$

$$\Delta h_g = X \times g = 51 \times 0,06 = 3,06$$

$$\Delta h_s = W \times s = 17 \times 0,02 = 0,34$$

$$\Delta h = \Delta h_g + \Delta h_s = 3,06 + 0,34 = 3,4 \text{ m}$$

$$k = \frac{\Delta h}{L} = \frac{3,4}{53,76} = 0,063$$

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right]^{0,167}$$

$$= \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 53,76 \times \frac{0,2}{\sqrt{0,063}} \right]^{0,167} = 2,134 \text{ menit}$$

Td : kemiringan saluran 4% menurut tabel kecepatan untuk saluran alami dari drainase perkotaan hal 13 nilai $v = 0,9$ m/dt

$$td = \frac{L}{v} = \frac{2000}{0,9} = 2222,22 \text{ dt} = 37,037 \text{ menit}$$

$$tc = t_0 + td$$

$$= 2,134 + 37,037 = 39,171 \text{ menit} = 0,6528 \text{ jam}$$

c. Analisa intensitas hujan

$$\text{Diketahui } R = 189,58 \text{ mm}$$

$$tc = 0,6528 \text{ jam}$$

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} = \frac{189,58}{24} \times \left(\frac{24}{0,6528}\right)^{2/3} = 85,437 \frac{\text{mm}}{\text{jam}}$$

d. Analisa Debit

$$\text{Diketahui : } A = \text{luas area yang akan membebani saluran} = 12603,902 \text{ m}^2$$

$$Q = 1/3,6 \cdot C \cdot I \cdot A = 1/3,6 \cdot 0,4 \cdot 85,437 \cdot 1,26 = 11,96 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Analisa Perhitungan Hidrolika

a. Perhitungan dimensi saluran dan gorong - gorong

Dimensi saluran dan gorong-gorong ditentukan atas dasar $F_e = F_d$

1. Luas penampang basah berdasarkan debit aliran (F_d)

$$F_d = Q / v$$

Dimana : $F_d = \text{Luas penampang basah}$

$$Q = \text{Debit m}^3/\text{dt}$$

$V = \text{Kecepatan aliran air yang diizinkan berdasarkan jenis material } 0,15 \text{ m/dt}$

$$F_d = Q / v$$

$$= 11,96 / 1,5$$

$$= 7,976 \text{ m}^2$$

• Saluran Trapesium

Rumus :

$$F_e = (B + mh)h$$

$$P = B + 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

Dicoba nilai $h = 1 \text{ m}$

Dimana : B = lebar dasar

h = kedalaman aliran

m = kemiringan dinding 1: m

Fe = luas penampang basah ekonomis

P = keliling basah

$$B = \frac{2}{3} h \sqrt{3} = \frac{2}{3} \times 1 \times \sqrt{3} = 1,155 \text{ m}$$

$$Fe = h^2 \sqrt{3} = 1^2 \times \sqrt{3} = 1,73 \text{ m}$$

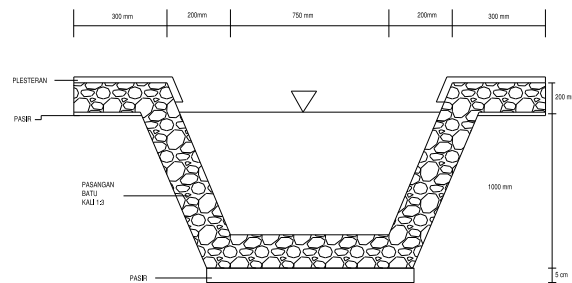
$$Fe = (B+m.h)h$$

$$Fe = Bh+mh^2$$

$$1,73 = 1,15.1 + m.1^2$$

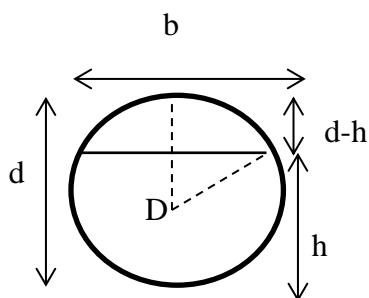
$$1,73 = 1,15 + m$$

$$m = 1,73 - 1,15 = 0,58$$



Gambar 4.4 Detail Saluran Trapesium

- Gorong – gorong



Gambar 4.7 Penampang Gorong - Gorong

$$\text{Rumus : } Fe = 0,685 \cdot D^2$$

$$\hookrightarrow \text{syarat : } d = 0,8 \cdot D$$

Dimana : Fe = Luas penampang basah ekonomis (m²)

b = lebar saluran (m)

d = kedalaman air (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

D = diameter gorong-gorong (m)

$$7,976 \text{ m}^2 = 0,685 \cdot D^2$$

$$D^2 = 7,976 / 0,685.$$

$$D^2 = 11,64$$

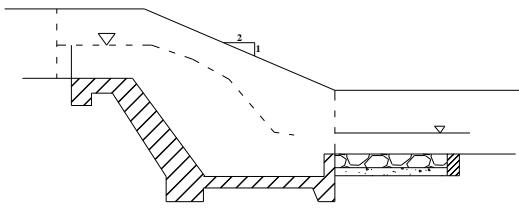
$$D = \sqrt[2]{11,64} = 3,41 \text{ m}$$

$$D = 2r$$

$$r = 3,41 / 2 = 1,705 \text{ m}$$

$$R = F / D = 7,976 / 3,41 = 2,33 \text{ m}$$

- Bangunan Pematah Arus (*Chek dam*)



Gambar 4.8 Bangunan pematah arus

Diketahui :

$$Q : 11,96 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$b : 1,15 \text{ m}$$

$$z : 1 \text{ m}$$

Menghitung dimensi bangunan terjun

$$q = \frac{Q}{0,8 \times b} = \frac{11,96}{0,8 \times 1,15} = 13 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{13^2}{9,81}} = 2,58 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
a &= 0,5 \times h_c = 0,5 \times 2,58 = 1,29 \text{ m} \\
t_1 &= 0,5 \times (h_1 + z) = 0,5 \times (1 + 1) = 0,5 \text{ m} \\
B &= 0,8 \times b_1 = 0,8 \times 1,15 = 0,92 \text{ m diambil 1 m} \\
C_1 &= 2,5 + \left(1,1 \times \frac{h_c}{z}\right) + 0,7 \times \left(\frac{h_c}{z}\right)^3 \\
&= 2,5 + \left(1,1 \times \frac{2,58}{1}\right) + 0,7 \times \left(\frac{2,58}{1}\right)^3 \\
&= 17,35 \text{ m} \\
L_2 &= C_1 \sqrt{Z \times h_c} = 17,35 \times \sqrt{1 \times 2,58} = 27,87 \text{ m}
\end{aligned}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan ini, dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Besarnya volume lalu lintas pada akhir umur rencana sangat berpengaruh dalam menentukan kelas jalan, jumlah dan lebar lajur, serta tebal perkerasan.
- Kelas jalan yang digunakan untuk adalah kelas jalan "No. 1" yaitu kelas jalan yang paling tinggi dan yang paling baik, dengan 4 jumlah lajur, 2 arah terbagi, serta lebar lajur 3,5 m, lebar median 2 m bahu 3 m.
- Jenis Elemen Horizontal yang di gunakan adalah tipe Spiral- circle- spiral (S-C-S), jenis elenyemen Vertikal adalah cekung dengan $J_h > L$, $J_d < L$.
- Perkerasan yang digunakan adalah jenis perkerasan kaku (rigid pavement) dengan metode AASTHO karena kondisi tanah di lokasi pekerjaan dengan nilai CBR berada di kisaran 5 - 6 %, dan jenis lapisan tanah existing dari hasil pengeboran tanah menunjukkan jenis tanahnya memenuhi syarat.
- Tebal pelat beton semen sebagai lapisan perkerasan yang diperoleh dari hasil perhitungan sebesar 30 cm masih memenuhi persyaratan yang berkisar dari 20 cm sampai 32,5 cm, dengan mutu beton K-350 yang masih memenuhi syarat min K-350, sehingga hasil perancangan bisa diterapkan.
- Perencanaan galian dan timbunan yang di gunakan yaitu dengan memperhatikan kelandaian jalan rencana yang akan digunakan, material hasil dari galian akan digunakan sebagai material timbunan, karena volume pekerjaan lebih banyak timbunan di bandingkan dengan galian, maka material galian didapat dari material galian dari jalan akses Tol Ungaran yang

menyisakan banyak material dari hasil galian yang jaraknya tidak terlalu jauh kisaran 1 - 1,5 km.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1997, Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Direktorat Jendral Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Hendarsin, Shirley L, 2000, Perencanaan Teknik Jalan Raya, Badan Penerbit Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Sukirman, Silvia, 1994, Dasar – Dasar Perencanaan Geometric Jalan, Penerbit Nova, Bandung.
- Suripin, 2003, Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan, Penerbit Andi Yogyakarta, Yogyakarta.