

PERENCANAAN DRAINASE JALAN RAYA SEMARANG - BAWEN KM 12+400 - KM 16+600 (JAMU JAGO - BALAI PELATIHAN TRANSMIGRASI DAN PENYANDANG CACAT JATENG)

Yohanna Fabiola Pane, Firman Hasiholan, Sri Sangkawati Sachro^{*)}, Pranoto S. A.^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Permasalahan banjir atau genangan sering terjadi di jalan-jalan di Indonesia, termasuk di Jalan Semarang - Bawen yang merupakan jalan nasional. Pada saat hujan, genangan terjadi di sepanjang jalan tersebut, sehingga mengganggu pengguna jalan dan menyebabkan kerusakan pada perkerasan. Genangan yang terjadi diakibatkan oleh sistem drainase yang tidak optimum karena adanya sedimentasi di inlet kerb maupun di saluran samping. Maka untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem drainase dilakukan analisis hidrologi untuk menghitung debit rencana dengan periode ulang 5 tahun sesuai dengan luas total daerah pengaliran saluran dan tipologi kota dan kemudian dibandingkan dengan debit saluran dan gorong-gorong eksisting. Hasil dari perbandingan debit rencana dan debit eksisting menunjukkan bahwa saluran samping dan gorong-gorong eksisting tidak dapat menampung debit rencana, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran samping dan gorong-gorong. Penampang saluran samping direncanakan segiempat karena keterbatasan lahan, sedangkan gorong-gorong direncanakan lingkaran dan segi empat (u-ditch). Inlet kerb direncanakan 2 jenis yaitu (1) kerb berlubang dengan dimensi kerb 13/16 x 30 x 50 cm dan lubang kerb 15 x 30 cm untuk kemiringan < 6%, (2) kerb beton dengan dimensi inlet 10 x 15 untuk kemiringan \geq 6%.

kata kunci : *drainase, genangan, jalan raya*

ABSTRACT

Flooding or inundation problem is often occurs in highways in Indonesia, including in Semarang - Bawen highway which national highway. When raining, inundation occurs along that highway, so disturbs people and causes damage to pavement. Inundation occurs due to the not optimum drainage system cause of sedimentation at curb inlet and side channel. So, to find out how the drainage system performance we do hydrological analysis to calculate discharge plan with a return period of 5 years according to total area of drainage channel and city typology and then compare it with existing discharge side channel and culvert. Results of the comparison between discharge plan and existing discharge show that existing side channel and culvert can not accomodate discharge plan, so it is necessary to redimensional side channel and culvert. Cross section is planned rectangular because the limited area, while culverts is planned circle and rectangular (U-

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

ditch). Curb inlet is planned 2 types namely (1) curb with hole with dimension 13/16 x 30 x 50 cm and its hole 15 x 30 cm to slope < 6% and concrete curb inlet with dimension 10 x 15 to slope ≥ 6%.

keywords: *drainage, highway, inundation*

PENDAHULUAN

Banjir atau dalam skala kecil genangan merupakan hal yang sering terjadi di jalan-jalan di seluruh wilayah Indonesia. Jalan Semarang - Bawen KM 12+400 sampai KM 16+600 (Jamu Jago - Balai Pelatihan Transmigrasi dan Penyandang Cacat Jateng) merupakan bagian jalan nasional yang menghubungkan Jakarta - Semarang - Yogyakarta yang merupakan ibu kota propinsi, sehingga termasuk jenis jalan arteri primer. Jalan ini sudah mengalami beberapa kali perbaikan, dan terakhir pada tahun 2013 dilakukan pembetonan jalan pada beberapa bagian jalan karena pertumbuhan beban lalu lintas meningkat setiap tahunnya. Geometri jalan tersebut memiliki tipikal dengan tanjakan dan turunan dengan kelandaian yang cukup tinggi serta menikung.

Kata drainase berasal dari kata *drainage* yang artinya mengeringkan atau mengalirkan. Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan di permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi atau akibat dari durasi hujan yang lama. Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha yang mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan. (Wesli, 2008)

Dalam pembangunan maupun pemeliharaan jalan raya, drainase adalah salah satu hal yang sangat penting yang harus diperhatikan. Kondisi drainase atau tanah dasar yang buruk, umumnya menjadi penyebab utama kerusakan perkerasan. Drainase jalan yang baik harus mampu menghindarkan masalah-masalah kerusakan jalan yang diakibatkan oleh pengaruh air dan beban lalu lintas. (Hardiyatmo, H. C., 2011)

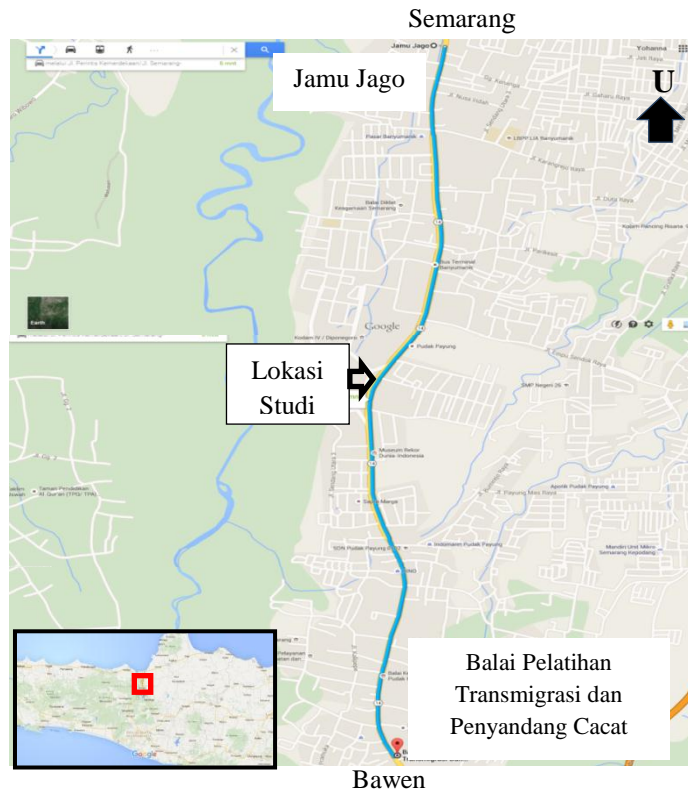
Pada saat hujan dengan intensitas sedang sampai tinggi dalam waktu yang singkat akan terjadi aliran air. Aliran air seharusnya masuk ke saluran melalui inlet kerb, tetapi air tidak langsung masuk ke saluran melalui inlet kerb melainkan terus mengalir ke elevasi yang lebih rendah sehingga terjadi genangan. Genangan tersebut terjadi karena inlet kerb tidak bekerja secara optimal. Selain itu, akibat pembetonan jalan maka koefisien alir menjadi lebih besar dibanding dengan aspal, hal ini juga mempengaruhi kecepatan aliran genangan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi kinerja dan penanganan drainase yang ada.

Analisis penyebab terjadinya genangan di badan jalan dan perencanaan sistem drainase dilakukan pada jalan Semarang - Bawen KM 12+400 - KM 16+600 (Jamu Jago - Balai Pelatihan Transmigrasi dan Penyandang Cacat Jateng), dan debit air yang diperhitungkan adalah air hujan dari badan jalan dan dari area tangkapan saluran drainase setempat yang masuk ke saluran jalan raya yang ditinjau (Q_5). Lokasi daerah studi dapat dilihat pada Gambar 1.

METODE PERENCANAAN

Metode perencanaan dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 2. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian dari Stasiun Hujan Sigotek/Sumur Jurang dari tahun 2001 sampai 2014 untuk mendapatkan hujan rencana (R_t) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan hujan kawasan dengan data curah hujan maksimum stasiun hujan.
- b. Melakukan analisis distribusi frekuensi berdasarkan parameter statistik.



Gambar 1. Lokasi Daerah Studi (Sumber : Google Maps)

- c. Melakukan uji kecocokan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi frekuensi yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.
- d. Menghitung hujan rencana (R_t) berdasarkan periode ulang dan distribusi frekuensi yang dipilih. (Kamiana, I Made, 2011)

Hujan rencana (R_t) yang sudah ada digunakan untuk menentukan intensitas dengan persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{R_t}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

R_t = hujan rencana (mm)

$$t_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 1_0 \times \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (3)$$

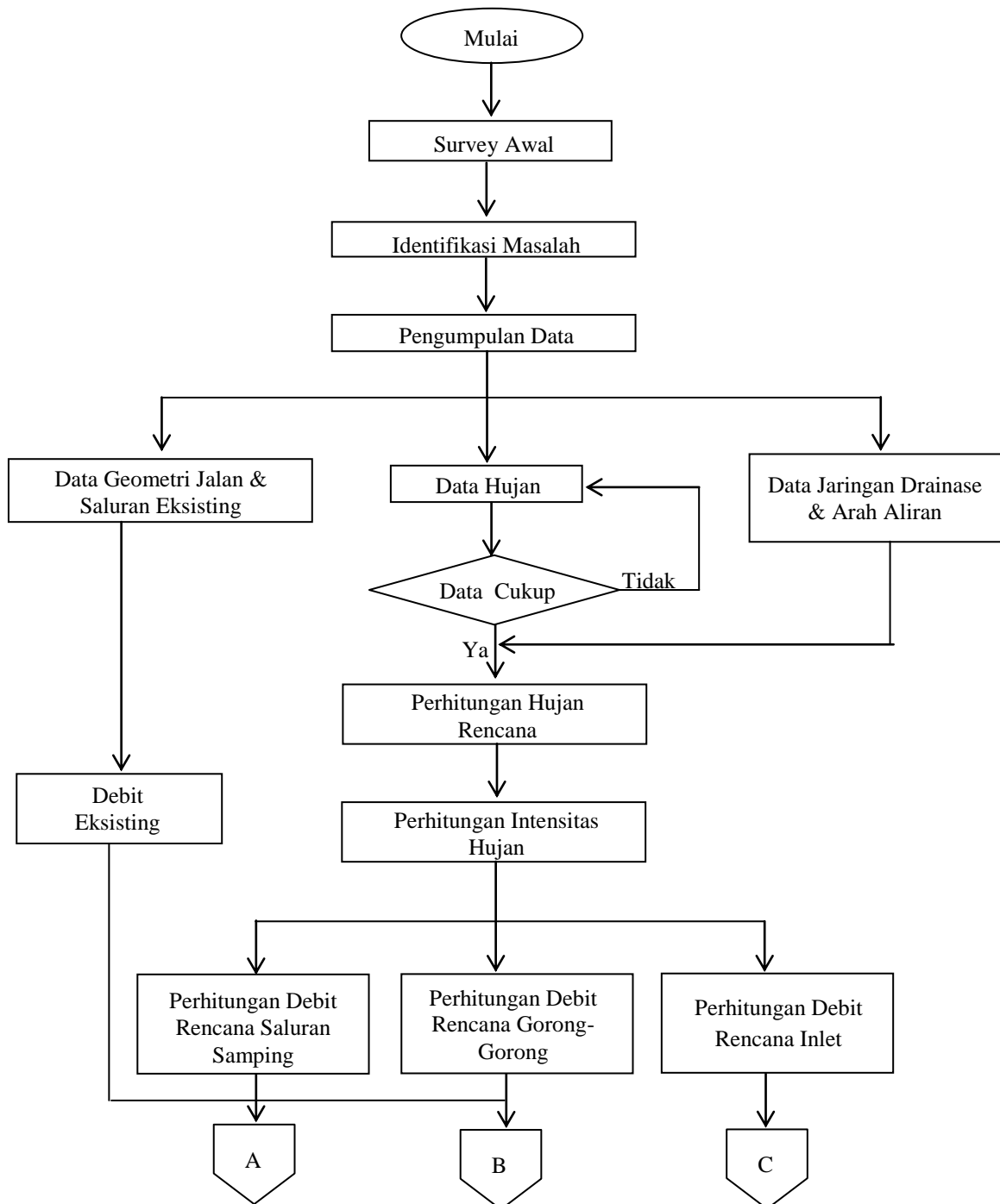
$$t_2 = \frac{L}{60 \times v} \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

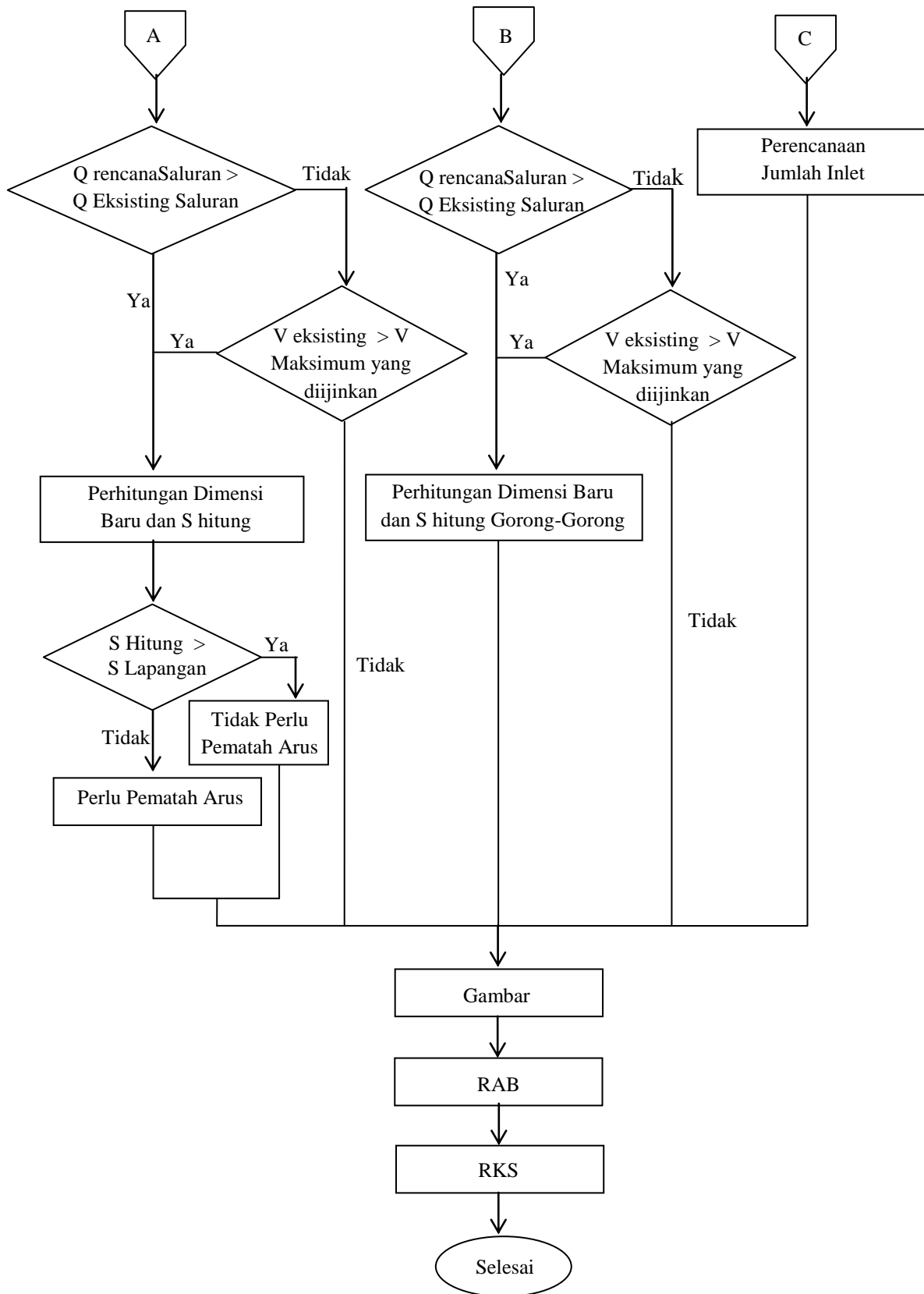
t_c = waktu konsentrasi (menit)

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

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



Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan Drainase Jalan Raya



Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan Drainase Jalan Raya (lanjutan)

- l_0 = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
- L = panjang saluran (m)
- nd = koefisien hambatan
- i_s = kemiringan saluran memanjang
- V = kecepatan maksimum aliran pada saluran drainase (m/detik)

Hasil perhitungan intensitas hujan digunakan untuk menghitung debit rencana ($Q_{rencana}$) saluran samping dan inlet kerb dengan Persamaan (5). Debit rencana ($Q_{rencana}$) gorong-gorong dihitung sebesar 1,1 sampai 1,5 kali debit rencana saluran. (Republik Indonesia, 2014)

$$Q_{rencana} = \frac{1}{3,6} C I A \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

- $Q_{rencana}$ = debit rencana ($m^3/detik$)
- C = koefisien pengaliran rata-rata dari C_1, C_2, C_3 , lihat Persamaan (6)
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = Daerah pengaliran (km^2) terdiri atas A_1, A_2, A_3 .

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 \cdot f_k}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

- C_1, C_2, C_3 = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan
- A_1, A_2, A_3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan
- f_k = faktor limpasan sesuai guna lahan. (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Daerah pengaliran yang mempengaruhi debit rencana ($Q_{rencana}$) saluran samping adalah A_1 (badan jalan), A_2 (bahu jalan) dan A_3 (area layanan), sedangkan inlet kerb dipengaruhi oleh A_1 (badan jalan) dan A_2 (bahu jalan).

Analisis hidrolika berguna untuk mengetahui kapasitas saluran eksisting yang ditinjau berdasarkan debit rencana ($Q_{rencana}$) yang ada dan merencanakan kembali dimensi saluran drainase yang baru jika debit rencana melebihi kapasitas saluran eksisting yang ada. Analisis hidrolika dalam perencanaan drainase jalan raya ini meliputi perencanaan saluran samping, gorong-gorong dan inlet kerb.

Analisis hidrolika pada saluran samping dan gorong-gorong menggunakan Persamaan Manning sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot A \dots\dots\dots (7)$$

dimana:

- Q = debit saluran ($m^3/detik$)
- n = koefisien kekasaran Manning
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan dasar saluran
- A = luas penampang basah (m^2)

Analisis hidrolika pada inlet kerb dapat dihitung dengan rumus (Moduto, 1998) dalam (Sirumapea, 2005), yaitu:

$$\frac{Q}{L} = 0,36 g d^{3/2} \dots\dots\dots (8)$$

dimana:

Q = kapasitas inlet kerb (m³/detik)

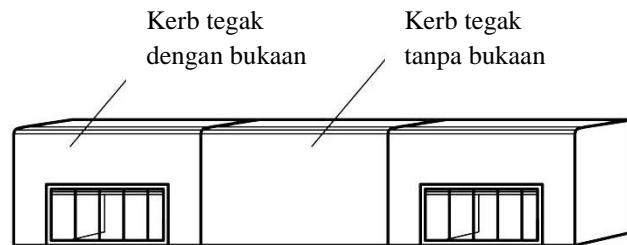
L = lebar bukaan inlet kerb (m)

g = gaya gravitasi (m/s²)

d = kedalaman air dalam inlet kerb (m)

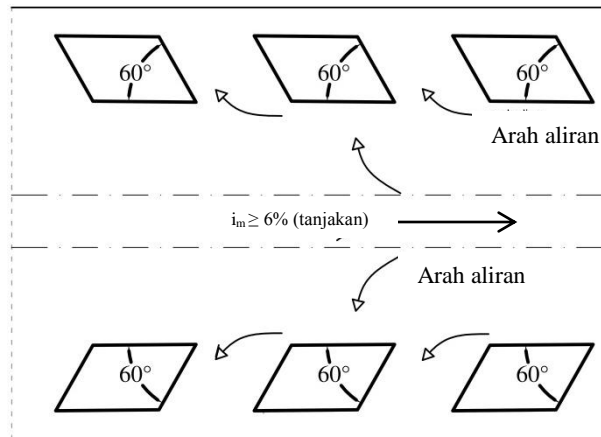
Perencanaan bentuk ataupun dimensi inlet kerb tergantung kondisi lapangan (datar, turunan/tanjakan). Inlet kerb pada perencanaan drainase jalan raya ini memiliki 2 jenis:

1. Inlet kerb dengan kemiringan jalan < 6% (datar)



Gambar 3. Isometri Inlet Kerb pada Kemiringan Jalan < 6%

2. Inlet kerb dengan kemiringan memanjang ≥ 6% (turunan/tanjakan)



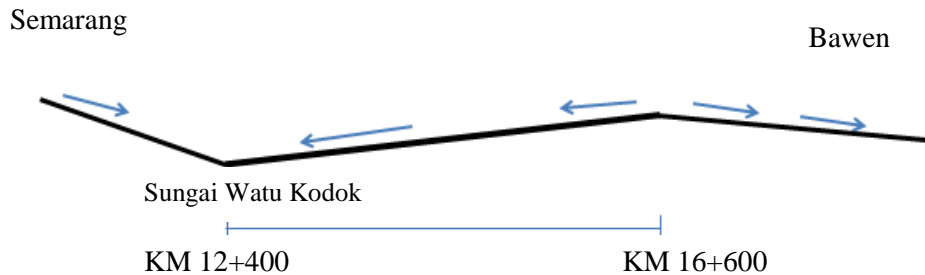
Gambar 4. Peletakan Inlet Kerb pada Kemiringan Jalan ≥ 6% Sesuai Arah Aliran Air

ANALISIS HIDROLOGI

Analisis hidrologi dalam perencanaan drainase jalan raya ini dimulai dengan membuat daerah pengaliran saluran terlebih dahulu. Dalam menentukan daerah pengaliran saluran diperlukan data arah aliran air yang menuju saluran drainase jalan raya tersebut. Berdasarkan arah aliran air yang menuju saluran drainase jalan raya didapatkan total luas daerah pengaliran saluran sebesar 49,154 ha dan panjang saluran samping jalan tersebut di

masing-masing ruas salurannya. Maka, total panjang saluran samping yang didesain adalah 8,144 km.

Perencanaan drainase jalan raya ini direncanakan dari STA 16+600 - STA 12+400 dari arah Bawen menuju Semarang karena arah aliran air setelah STA 16+600 menuju ke arah Bawen dan arah aliran air sebelum STA 12+400 menuju ke Sungai Watu Kodok, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.



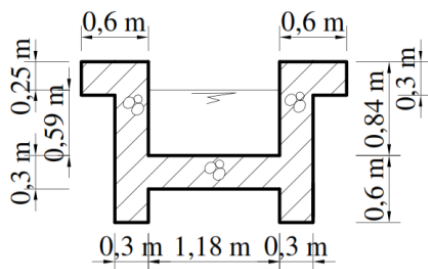
Gambar 5. Sketsa Memanjang Jalan dan Arah Aliran

Berdasarkan parameter statistik data hujan, distribusi yang digunakan adalah distribusi normal. Dari distribusi normal inilah dapat dilakukan perhitungan hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun yaitu, 134,1617 mm. Periode ulang 5 tahun sesuai dengan luas total daerah pengaliran saluran dan jumlah penduduk Kota Semarang Tahun 2014 berjumlah 1.572.000 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2014) dan termasuk kelompok Kota Metropolitan. (Republik Indonesia, 2014). Hasil debit rencana ($Q_{rencana}$) saluran samping, gorong-gorong dan inlet kerb dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

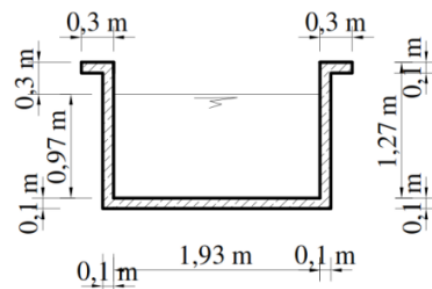
PERENCANAAN DRAINASE

Saluran Samping

Perencanaan saluran samping jalan raya ini dilakukan di semua saluran samping dikarenakan saluran eksisting yang ada tidak dapat menampung debit rencana yang ada. Saluran samping jalan raya ini direncanakan terbuat dari pasangan batu kali dan beton dengan bentuk penampang berbentuk persegi dikarenakan kurangnya ketersediaan lahan di sepanjang jalan raya tersebut. Dimensi saluran samping yang memiliki debit rencana terbesar adalah saluran 19-20 yaitu $8,958 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan $B = 2,12 \text{ m}$ dan $H = 1,36 \text{ m}$. Pematah arus tertinggi yang digunakan adalah 1,1 m. Bentuk saluran pasangan batu kali dan beton dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Saluran Pasangan Batu Kali



Gambar 7. Saluran Beton

Gorong-Gorong

Perencanaan gorong-gorong dalam drainase jalan raya ini berbentuk lingkaran dan *U-ditch* yang terbuat dari beton bertulang. Dimensi *U-ditch* yang digunakan 1,9 m x 2,1 m sedangkan gorong-gorong lingkaran berdiameter 1,2 m dan 1,25 m

Tabel 1. Hasil Debit Rencana Saluran Samping

Saluran Kanan	A (ha)	I (mm/jam)	Q _{rencana} (m ³ /detik)	Saluran Kiri	A (ha)	I (mm/jam)	Q _{rencana} (m ³ /detik)
1-2	3,924	287,756	3,055	A-B	2,080	314,541	1,805
2-3	3,513	456,630	4,451	B-C	3,497	413,269	3,429
3-4	2,012	323,743	1,684	C-D	1,362	394,730	1,480
4-5	5,692	305,259	4,764	D-E	2,120	587,548	2,699
5-6	7,145	383,569	6,310	E-F	2,547	379,541	3,112
6-7	7,690	396,046	6,902	F-G	3,631	407,477	4,315
7-8	7,997	298,357	7,113	G-H	4,757	367,630	5,419
8-9	0,810	226,691	0,432	H-I	5,980	300,458	6,377
9-10	1,045	289,294	0,591	I-J	6,887	413,417	7,378
10-11	1,837	315,443	1,254	J-K	7,883	427,154	8,535
11-12	2,509	308,816	1,820	K-L	8,082	422,138	8,757
12-13	3,648	356,518	2,927	L-M	1,397	464,124	1,799
13-14	4,361	460,364	3,825	M-N	0,329	296,815	0,235
14-15	2,651	321,768	2,340	N-O	4,565	286,148	3,580
15-16	5,138	304,882	4,392	O-P	4,850	361,736	3,844
16-17	6,083	422,329	5,470	P-Q	5,288	295,987	4,148
17-18	6,632	473,242	6,182	Q-R	5,570	320,336	4,360
18-19	7,703	439,070	7,468	R-S	7,939	344,706	6,078
19-20	9,152	377,757	8,958	S-T	8,902	350,072	6,971
				T-U	0,607	377,333	0,617
				U-V	1,136	378,957	1,153
				V-W	1,358	404,768	1,402
				W-X	1,866	380,097	1,916

Tabel 2. Hasil Debit Rencana Gorong-Gorong

Gorong-Gorong	Q _{rencana} (m ³ /detik)
1	3,772
2	11,611
3	4,207

Inlet Kerb

Perencanaan bentuk ataupun dimensi inlet kerb tergantung kondisi lapangan (datar, turunan/tanjakan). Perencanaan inlet kerb menggunakan 2 jenis inlet kerb yaitu kerb berlubang dengan dimensi kerb 13/16 x 30 x 50 cm dan lubang kerb 15 x 30 cm untuk kemiringan memanjang jalan < 6% dan kerb beton dengan ukuran inlet 10 x 15 cm untuk kemiringan memanjang yaitu ≥ 6%.

Tabel 3. Hasil Debit Rencana Inlet Kerb

Inlet Kerb Kanan (STA)	A (ha)	I (mm/jam)	Q _{rencana} (m ³ /detik)	Inlet Kerb Kiri (STA)	A (ha)	I (mm/jam)	Q _{rencana} (m ³ /detik)
16+628-16+631	0,002	678,029	0,003	16+508-16+608	0,066	641,651	0,089
16+508-16+628	0,189	581,578	0,230	16+333-16+508	0,032	595,039	0,044
16+333-16+508	0,390	455,997	0,420	16+199-16+333	0,031	479,934	0,030
16+199-16+333	0,204	454,667	0,617	16+115-16+199	0,017	854,681	0,027
16+115-16+199	0,143	454,697	0,127	15+947-16+115	0,065	445,511	0,056
15+947-16+115	0,243	468,212	0,221	15+757-15+947	0,226	446,010	0,148
15+757-15+947	0,168	471,294	0,155	15+550-15+757	0,295	468,334	0,307
15+550-15+757	0,059	484,309	0,064	15+396-15+550	0,258	451,753	0,262
15+396-15+550	0,015	848,909	0,027	15+175-15+396	0,319	463,737	0,307
15+175-15+396	0,068	465,907	0,064	14+937-15+175	0,134	465,319	0,128
14+937-15+175	0,285	445,971	0,263	14+683-14+937	0,234	466,562	0,255
14+683-14+937	0,206	678,029	0,328	14+601-14+683	0,075	472,931	0,083
14+601-14+683	0,079	780,039	0,145	14+443-14+601	0,436	467,677	0,047
14+443-14+601	0,278	452,501	0,296	14+292-14+443	0,085	463,253	0,092
14+292-14+443	0,219	466,778	0,241	14+104-14+292	0,213	451,597	0,199
14+104-14+292	0,133	473,750	0,130	13+959-14+104	0,241	445,971	0,253
13+959-14+104	0,049	461,562	0,051	13+875-13+959	0,082	466,562	0,090
13+875-13+959	0,085	461,562	0,092	13+700-13+875	0,167	466,562	0,181
13+700-13+875	0,144	476,687	0,162	13+411-13+700	0,389	457,993	0,420
13+411-13+700	0,094	453,044	0,100	13+403-13+411	0,007	490,904	0,008
13+403-13+411	0,007	505,216	0,008	13+174-13+403	0,207	470,171	0,201
13+174-13+403	0,190	479,866	0,189	12+946-13+174	0,186	471,713	0,207
12+946-13+174	0,219	471,570	0,243	12+750-12+946	0,009	1592,736	0,028
12+750-12+946	0,341	456,860	0,318	12+670-12+750	0,062	575,257	0,069
12+544-12+750	0,134	480,663	0,126				
12+400-12+544	0,095	473,637	0,088				

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Rekapitulasi rencana anggaran biaya dengan panjang saluran samping 8,144 km dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi rencana anggaran biaya

No	Uraian Pekerjaan	Biaya
A	Pekerjaan Persiapan	Rp 747.767.118
B	Pekerjaan Tanah dan Pasir	Rp 777.512.883
C	Pekerjaan Saluran Samping	Rp 11.120.660.006
D	Pekerjaan Gorong-Gorong	Rp 394.922.356
E	Pekerjaan Inlet Kerb	Rp 742.349.203
Total		Rp 13.783.211.565

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan drainase jalan raya ini adalah:

1. Dari analisis hidrologi yaitu dengan menggunakan distribusi normal dan periode ulang 5 tahun maka debit saluran samping yang paling besar setelah dihitung dengan rumus rasional adalah = 8,958 m³/detik, sedangkan debit gorong-gorong yang paling besar = 11,611 m³/detik pada gorong-gorong 2 dan debit inlet kerb yang paling besar adalah = 0,617 m³/detik pada inlet kerb sebelah kanan STA 16+199 - 16+333.

2. Kinerja sistem drainase pada drainase jalan raya di jalan Semarang - Bawen KM 12+400 sampai KM 16+600 tidak memenuhi, karena setelah dilakukan analisis hidrolika diketahui bahwa kapasitas debit penampang saluran samping dan gorong-gorong eksisting tidak mampu untuk melewati debit rencana, sehingga perlu direncanakan ulang.
3. Perencanaan ulang saluran samping menggunakan bentuk penampang berbentuk persegi, sedangkan gorong-gorong menggunakan bentuk penampang lingkaran dan persegi (*u-ditch*). Perencanaan inlet kerb menggunakan 2 jenis inlet kerb yaitu kerb berlubang dengan dimensi kerb 13/16 x 30 x 50 cm dan lubang kerb 15 x 30 cm untuk kemiringan memanjang jalan < 6% dan kerb beton dengan ukuran inlet 10 x 15 cm untuk kemiringan memanjang yaitu $\geq 6\%$.
4. Dari hasil perhitungan maka diperoleh total biaya rencana anggaran biaya sebesar Rp 13.783.211.565 (terbilang tiga belas milyar tujuh ratus delapan puluh tiga juta dua ratus sebelas ribu lima ratus enam puluh lima rupiah).

SARAN

Bangunan drainase yaitu saluran samping dan inlet kerb perlu dipelihara supaya pengendapan pasir dan sampah dapat diminimalisir dan penampang saluran dapat bekerja efektif menyalurkan air dan tidak menyebabkan genangan di sekitar jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfalah, 2000. *Diktat Kuliah Drainase Perkotaan*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Badan Pusat Statistik, 2014. *Statistik Daerah Kota Semarang 2014*, Badan Pusat Statistik Kota Semarang, Semarang.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006. *Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan (Pd T-02-2006-B)*, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2011. *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, Gadjah mada University Press, Yogyakarta.
- Kamiana, I Made, 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Republik Indonesia, 2014. *Lampiran 1 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*, Sekretariat Negara, Jakarta.
- Sirumapea, Parik Sabungan, 2005. "Perencanaan Sistem Drainase Kota Baru Parahyangan", Program Sarjana, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Wesli, 2008. *Drainase Perkotaan*, Graha Ilmu, Yogyakarta.