

PERENCANAAN DRAINASE KAWASAN KOTA LAMA SEMARANG DENGAN SISTEM TAMPUNGAN MEMANJANG

Fredy Suryanto, Prasetyo Hari Wibowo
Suripin, Priyo Nugroho

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

ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu peristiwa yang cukup sering terjadi di kota Semarang. Kawasan Kota Lama Semarang menjadi salah satu area yang sering mengalami banjir. Banjir menimbulkan dampak negatif yang tidak bisa diabaikan, seperti menyebabkan kerusakan sarana infrastruktur kota, yaitu gedung, rumah, dan jalan dan bahkan mematikan pergerakan di kawasan kota lama jika genangan yang terjadi cukup tinggi dan memakan waktu yang cukup lama.

Maksud diadakannya Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kota Lama Semarang adalah meminimalisir atau bahkan mencegah terjadinya banjir di Kawasan Kota Lama dengan cara merancang sistem drainase di Kawasan Kota Lama Semarang, yang mampu mengatasi banjir di Kota Lama.

Metode yang digunakan untuk Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kota Lama Semarang, yaitu meliputi pengumpulan data primer dan sekunder, melakukan analisis hidrologi seperti hidrograf banjir serta analisis hidrolika untuk merencanakan dimensi saluran drainase di Kawasan Kota Lama Semarang.

Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kota Lama Semarang menghasilkan tampungan memanjang sebagai saluran primer dan internal drain sebagai saluran sekunder hingga tersier. Direncanakan menggunakan tampungan memanjang berdimensi $(2 \times 2,5) \text{ m}^2$ dan internal drain berdimensi $0,2\text{m} - 0,6\text{m}$. Penggunaan 3 pompa submersible berkapasitas $0,5 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan $0,25 \text{ m}^3/\text{detik}$ sebagai pompa utama dan 1 pompa berkapasitas $0,5 \text{ m}^3/\text{detik}$ sebagai pompa cadangan.

Kata kunci: *hidrograf banjir, tampungan memanjang, internal drain, sistem drainase, pompa submersible*

ABSTRACT

Flood is one of the occasion that quite often happens in Semarang City. Kota Lama Semarang is being one of the areas which flood is often happened there. Flood give many negative impacts that can't be ignored, for example is cause damage to infrastructur: buildings, houses, and roads. And even stop the mobility in that area if the flood is happened for a long time.

The purpose of making plan for Kota Lama Semarang drainage is to minimize or even avoid the flood happened in Kota Lama Semarang by designing the drainage system in Kota Lama Semarang which can overcome the flood problem.

The method that used for Design of Kota lama Semarang Drainage are primary and secondary data collection, hydrology analysis such as flood's hydrograph, hydraulics analysis for planning the dimension of drainage canal in Kota Lama Semarang.

Design of Kota Lama Semarang Drainage give result to using long storage for main canal and internal drain for secondary-tertiary canals. Dimension of long storage is (2x2,5) m² and internal drain canals have dimension from 0,2 m – 0,6 m. Using of 3 submersible pump with capacity 0,5 m³/detik and 0,25 m³/detik for main pumps and using 1 pumps with capacity 0,5 m³/detik for backup.

Key words: *Flood hydrograph, long storage, internal drain, drainage system, submersible pump*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banjir merupakan salah satu peristiwa yang cukup sering terjadi di kota Semarang Status Kota Semarang sebagai ibu kota provinsi Jawa Tengah pun nyatanya masih belum bisa mengatasi banjir yang kerap kali terjadi dan yang makin mengawatirkan adalah bertambahnya luasan genangan banjir yang terjadi. Bertambahnya luas genangan tersebut lebih banyak dipengaruhi faktor manusia yaitu berupa perubahan dalam penggunaan lahan untuk area resapan air hujan.

Banjir dilihat dari penyebabnya dapat digolongkan setidaknya menjadi 3 jenis yaitu banjir kiriman, banjir lokal, dan banjir rob. Banjir yang terjadi pada Kawasan Kota Lama lebih dikarenakan banjir lokal. Banjir lokal ialah genangan air yang timbul akibat hujan yang jatuh di kawasan itu sendiri. Hal ini biasa terjadi jika hujan yang terjadi melebihi kapasitas sistem drainase yang ada. Kawasan Kota Lama sudah memiliki polder yang seharusnya bisa mencegah kemungkinan banjir yang bisa terjadi. Akan tetapi polder tersebut tidak bekerja secara maksimal sebagaimana fungsinya. Hal ini disebabkan saluran drainase yang sudah ada tidak mampu mengalirkan air hujan secara maksimal ke polder. Faktor yang menyebabkan saluran drainase ini tidak bisa bekerja secara maksimal, yaitu kapasitas saluran drainase jauh berkurang akibat banyaknya sampah yang masuk saluran drainase dan menyumbat saluran drainase, serta penurunan tanah yang cukup besar terjadi di Kawasan Kota Lama.

Persoalan genangan air / banjir yang terjadi di Kawasan Kota Lama menimbulkan dampak negatif yang tidak bisa diabaikan karena menyangkut kerugian dan penderitaan yang bersifat moril maupun materiil, sebagai contoh adalah dampak genangan air bisa menyebabkan kerusakan sarana infrastruktur kota, gedung-gedung dan rumah-rumah, tidak hanya itu ruas jalan yang tergenang air bisa mengalami kerusakan parah, sehingga mengganggu aktivitas lalu lintas di ruas jalan tersebut atau bahkan mematikan pergerakan di kawasan kota lama jika genangan yang terjadi cukup tinggi dan memakan waktu yang cukup lama. Apalagi Kawasan Kota Lama Semarang adalah pusat perdagangan, jasa, dan merupakan salah satu ikon yang menjadi daya tarik pariwisata Kota Semarang sehingga bisa mengganggu aktivitas perekonomian Kota Semarang.

Keadaan seperti ini tidak bisa dibiarkan berlarut-larut, sehingga memerlukan penanganan yang serius dari pemerintah dan masyarakat pada umumnya untuk berpartisipasi dalam persoalan ini, untuk itu perlu ada langkah – langkah konkret baik secara teknis maupun non teknis.

Maksud

meminimalisir atau bahkan mencegah terjadinya banjir di Kawasan Kota Lama dengan cara merancang sistem drainase di Kawasan Kota Lama

Tujuan

Menghasilkan dokumen perencanaan sistem drainase Kawasan Kota Lama Semarang.

Lokasi Daerah Studi

Sebelah Utara : Jl. Merak
Sebelah Selatan : Jl. Agus Salim
Sebelah Timur : Jl. Cendrawasih
Sebelah Timur : Jl. Empu Tantular dan Kali Semarang

Metodologi

Pengumpulan Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil pengamatan di wilayah studi dan wawancara secara langsung dengan pihak-pihak yang terkait.

Pengumpulan Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang didapatkan dengan mencari informasi secara ilmiah pada instansi atau lembaga yang terkait dalam perencanaan drainase kawasan Kota Lama Semarang.

Analisis Hidrologi

1. Analisis curah hujan rencana
2. Uji kecocokan sebaran
3. Perhitungan debit banjir hujan rencana

Analisis Hidrolika

1. Perencanaan dimensi saluran internal drain dan long storage
2. Perhitungan muka air saluran

2. ANALISIS DATA

Analisis data dibagi menjadi dua yaitu analisis hidrologi dan analisis hidrolika.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi secara umum yaitu pengolahan data hujan baik hujan per menit, perjam dan harian. Analisis hujan harian akan menghasilkan curah hujan rencana. Analisis hujan per menit menghasilkan intensitas hujan yang kemudian dituangkan dalam bentuk IDF(Intesity Duration Frequency). Analisis hujan per jam menghasilkan distribusi hujan yang terjadi.

Analisis Data Hujan Per menit

Data curah hujan per menit didapatkan dari stasiun klimatologi Semarang untuk kurun waktu 2002-2011. Pengolahan data tersebut akan menghasilkan nilai-nilai seperti koefisien skewness (C_s), koefisien kurtosis (C_k), dan koefisien variasi (C_v) yang akan digunakan sebagai variabel untuk memilih jenis distribusi. Tabel 1 menampilkan pedoman pemilihan distribusi.

Tabel 1 : Pedoman Pemilihan Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k \approx 3$
Gumbel Tipe I	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$
Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$
	$C_k \approx 1,5C_s^2 + 3$
Log normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^3$
	$C_v \approx 0$

Sumber: Soemarto (1995)

Tabel 2 menampilkan hasil pengolahan hujan 5 menit .

Tabel 2: Analisa hujan 5 menit

No.	Tahun	X_i (mm)	$X_i - X_r$	$(X_i - X_r)^2$	$(X_i - X_r)^3$	$(X_i - X_r)^4$
1	2002	10.0	-2.0	4.00	-8.00	16.00
2	2003	10.0	-2.0	4.00	-8.00	16.00
3	2004	20.0	8.0	64.00	512.00	4096.00
4	2005	10.0	-2.0	4.00	-8.00	16.00
5	2006	10.0	-2.0	4.00	-8.00	16.00
6	2007	10.0	-2.0	4.00	-8.00	16.00
7	2008	20.0	8.0	64.00	512.00	4096.00
8	2009	10.0	-2.0	4.00	-8.00	16.00
9	2010	10.0	-2.0	4.00	-8.00	16.00
10	2011	10.0	-2.0	4.00	-8.00	16.00
Rata - rata X_r		12.0	Jumlah	160.00	960.00	8320.00
$S_x =$		4.22		$n =$	10	
$C_s =$	1.78		$C_k =$	2.633	$C_v =$	0.351

Selanjutnya dilakukan analisis data untuk hujan 10 menit hingga 720 menit, hasil dari analisis tersebut kita bandingkan terhadap syarat pemilihan distribusi pada tabel 1 dan yang distribusi yang paling mendekati ialah distribusi metode gumbel. Menggunakan metode gumbel, dicari curah hujan rencana, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum Periode Ulang 2 Tahun.

t (menit)	Xr	Y _T	Y _n	S _n	K	S _x	X _T (mm/menit)	X _T (mm/jam)
5	12,0	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	4,22	11,43	137,16
10	22,7	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	4,19	22,17	133,04
15	31,6	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	5,46	30,86	123,45
30	48,2	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	9,91	46,81	93,62
45	60,3	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	10,98	58,84	78,45
60	72,6	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	12,24	70,91	70,91
120	92,0	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	12,28	90,37	45,18
180	101,5	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	28,43	97,67	32,56
360	105,5	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	34,39	100,80	16,80
720	109,3	0,3668	0,4952	0,9496	-0,135	36,72	104,36	8,70

Keterangan : Y_T, Y_n, S_n didapatkan dari tabel gumbel.

Setelah mendapatkan curah hujan rencana dicari intensitas hujan. Untuk mendapatkan persamaan intensitas hujan digunakan salah satu dari rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro.

Tabel 4: Perbandingan Kecocokan Rumus - rumus Deras Hujan Periode Ulang 2 Tahun

No.	t (menit)	I (mm/jam)	I _{Talbot}	α _{Talbot}	I _{Sherman}	α _{Sherman}	I _{Ishiguro}	α _{Ishiguro}
1	5	137,16	145,24	8,08	214,88	77,72	236,90	99,74
2	10	133,04	131,59	1,45	145,59	-12,55	150,39	17,35
3	15	123,45	120,29	-3,16	115,94	-7,50	117,48	-5,97
4	30	93,62	95,65	-2,02	78,56	15,06	78,63	14,99
5	45	78,45	79,38	0,93	62,56	15,89	62,72	15,73
6	60	70,91	67,84	-3,07	53,23	17,69	53,58	17,34
7	120	45,18	42,90	-2,28	36,06	9,12	36,93	8,25
8	180	32,56	31,37	1,18	28,72	3,84	29,82	2,73
9	360	16,80	17,37	-0,57	19,46	2,66	20,79	3,99
10	720	8,70	9,17	0,48	13,18	4,49	14,56	5,86
Jumlah		739,86	740,81	1,03	768,18	126,41	801,80	180,02
Deviasi rata-rata				0,10		12,64		18,00

Dari Tabel 4, didapatkan bahwa rumus Talbot yang paling mendekati dengan nilai intensitas yang sesungguhnya, sehingga persamaan intensitas hujan dengan rumus Talbot $I = \frac{7002,4}{t+43,212}$

yang akan digunakan untuk perhitungan dimensi saluran internal drain.

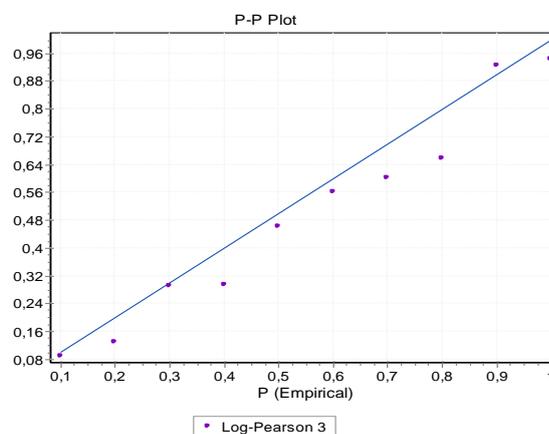
Analisis Data Hujan Harian Maksimum

Data hujan harian maksimum yang didapatkan dari stasiun Meteorologi Maritim Semarang, dapat dilihat pada Tabel 5. Analisis data hujan harian akan menghasilkan curah hujan rencana untuk perencanaan dimensi long storage. Analisis data hujan harian maksimum digunakan program easyfit 5.5 yang menghasilkan grafik penyimpangan statistic kejadian hujan sesungguhnya dan kejadian hujan empiris, salah satunya pada Gambar 1 yang menampilkan grafik distribusi log-pearson III yang merupakan distribusi paling mendekati dengan hujan sesungguhnya.

Tabel 5: Data Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Semarang Utara
2005	64,0
2002	68,0
2004	78,1
2007	78,4
2011	89,0
2008	96,1
2003	99,4
2009	104,5
2006	156,5
2010	168,6

Sumber : Stasiun Meteorologi Maritim Semarang



Gambar 1 : Grafik Output Program Easyfit 5.5

Perhitungan hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun dan metode distribusi log-pearson III,

$$\begin{aligned} \text{menghasilkan hujan rencana sebesar : } \log X_{Tr} &= (\log \bar{X}) + Sd * K \\ \log X_{Tr} &= 1,98 + (0,10) \\ X_{Tr} &= 120,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. PERENCANAAN INTERNAL DRAIN DAN TAMPUNGAN MEMANJANG

Perencanaan Internal Drain

Internal Drain ialah saluran drainase yang berfungsi untuk mengalirkan air hujan menuju hulu saluran yaitu tampungan memanjang. Pola aliran internal drain diusahakan mengikuti elevasi yang ada yaitu mengalir ke tempat yang lebih rendah. Setelah mendapatkan pola aliran internal drain selanjutnya analisa debit saluran untuk mendapatkan dimensi saluran internal drain.

Langkah-langkah untuk analisa debit saluran yaitu :

- Asumsi nilai kecepatan aliran air di saluran (V_{renc}).
- Hitung waktu konsentrasi (T_c)
- Hitung intensitas hujan yang diterima saluran menggunakan rumus Talbot sebelumnya yaitu : $I = 7002,401 / (t + 43,212)$
- Hitung debit saluran = $Q = 0,00278 * C * I * A$, di mana C = koefisien pengaliran dan A = luas area yang ditampung saluran.
- Hitung dimensi h (tinggi air di saluran) dengan rumus manning $Q = n^{-1} * R^{2/3} * S^{1/2} * F$, sehingga didapatkan rumus $h = \left(\frac{0,018Qx3^{2/3}}{s^{1/2}}\right)^{\frac{3}{8}}$, di mana s = kemiringan saluran.
- Hitung nilai luas basah saluran (F) = $B \times h$
- Hitung kecepatan air saluran (V_{sal}), jika $V_{sal} = V_{renc}$ maka perhitungan benar.

Perencanaan Tampungan Memanjang

Tampungan memanjang berfungsi untuk mengalirkan air menuju ke luar area polder yaitu Kali Semarang. Perencanaan dimensi tampungan memanjang menggunakan rumus hidrograf banjir SCS segitiga.

Langkah-langkah perhitungan dimensi tampungan memanjang yaitu :

- Hitung waktu konsentrasi (T_c), waktu puncak banjir (T_p) dan waktu surut (T_b)
- Hitung debit satuan sintetik = $\frac{1 * A * d * a_s}{3,6 * T_p * A * h * s}$
- Hitung hujan efektif dengan metode SCS = $P_e = \frac{(P - 0,2s)^2}{p + 0,8s}$
- Hitung total hidrograf terhadap distribusi hujan rencana yaitu 3 jam
- Hitung flood routing untuk mencari daya tampungan long storage terhadap banjir rencana. Persamaan flood routing $\frac{I_1 + I_2}{2} \times \Delta t = \frac{O_1 + O_2}{2} \times \Delta t$, di mana I = Inflow hidrograf, O = Output (kapasitas pompa)

Tabel 6 FLOOD ROUTING

T	ΔT	Q_i	V_i	Q_o	V_o	ΔS	S kum	h
jam	detik	m ³ /det	m ³	m ³ /det	m ³	m ³	m ³	m
1	2	3	4	5	6	7	8	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	1800	0,19	171,20	0	0	171,20	171,20	0,02
1	1800	0,57	684,81	0,75	0	684,81	856,01	0,18

1,5	1800	1,23	1621,38	0,75	1350	271,38	1127,39	0,24
2	1800	1,93	2848,16	0,75	1350	1498,16	2625,55	0,60
2,5	1800	2,37	3874,40	1,5	1350	2524,40	5149,95	1,19
3	1800	2,43	4322,30	1,5	2700	1622,30	6772,25	1,58
3,5	1800	2,04	4028,02	1,5	2700	1328,02	8100,27	1,89
4	1800	1,51	3198,25	1,5	2700	498,25	8598,52	2,01
4,5	1800	0,96	2222,03	1,5	2700	-477,97	8120,56	
5	1800	0,51	1322,38	1,5	2700	-1377,62	6742,94	
5,5	1800	0,20	635,62	1,5	2700	-2064,38	4678,56	
6	1800	0,05	222,45	0,75	2700	-2477,55	2201,02	
6,5	1800	0,01	58,07	0,75	1350	-1291,93	909,08	
7	1800	0,00	12,37	0	1350	-1337,63	-428,55	

Direncanakan tampungan memanjang berdimensi $b \times h = (2 \times 2,5) \text{ m}^2$ dan dengan panjang tampungan memanjang $L = 2114 \text{ m}$, maka kapasitas tampungan memanjang = 10.570 m^3

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Perencanaan dimensi saluran *internal drain* dan *long storage* didasarkan pada perhitungan analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Debit rencana yang digunakan untuk perencanaan dimensi saluran internal drain menggunakan intensitas hujan dari rumus Talbot yaitu $I = 7002,401 / (t + 43,212)$. Debit rencana yang digunakan untuk perencanaan dimensi long storage adalah debit banjir rencana yang didapat dari analisis hidrologi yaitu sebesar $2,431 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan beberapa macam dimensi internal drain yaitu dimensi $(0,2 \times 0,2) \text{ m}^2$ hingga dimensi $(0,6 \times 0,6) \text{ m}^2$. Dimensi long storage yang digunakan $(2 \times 2,5) \text{ m}^2$. Digunakan 3 buah pompa kapasitas masing-masing pompa $0,50 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan 1 pompa kapasitas $0,25 \text{ m}^3/\text{detik}$ sebagai pompa utama serta 1 buah pompa cadangan kapasitas $0,5 \text{ m}^3/\text{detik}$.
3. Estimasi biaya total dari perencanaan drainase Kawasan Kota Lama Semarang mencapai $\pm \text{Rp. } 24.210.461.947,-$

Saran

1. Masyarakat Kawasan Kota Lama memiliki andil agar system drainase yang telah dirancang berjalan dengan baik, yaitu menjaga kebersihan dengan tidak membuang sampah sembarangan.
2. Karena penggunaan beberapa mesin yaitu pompa dan genset yang sangat vital dalam penyaluran air drainase dari tampungan memanjang ke sungai, diharapkan perawatan mesin pompa dan genset sangat diperhatikan dan pembersihan sampah pada trashrack pun harus rutin dilakukan agar sampah-sampah tidak menghalangi air yang masuk ke tampungan memanjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Dirjen Bina Marga, Standar Gorong-gorong Persegi Beton Bertulang
- Kusumah, Dantje. 2011, *Jurnal Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis*. Bandung
- Kusuma, Gideon, 1991, *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, Erlangga Jakarta
- Kusuma, Gideon, 1993, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga Jakarta
- SNI-06-2459-2002
- SNI 03-2487-2002, Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung
- Soemarto, C.D., 1995, *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- Soewarno, 2000, *Hidrologi Operasional*, P.T. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Suripin. 2007. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Semarang: Andi
- Triatmodjo, Bambang, 1995, *Hidraulika I*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 1996, *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
-