

Analisis Dan Evaluasi Sistem Drainase (Studi Kasus: Ruas Jl. Coklat, Kel. Bongkaran Kec. Pabean Cantikan, Kota Surabaya)

Dimas Priatmoko Wicaksono¹⁾, Didik Harijianto²⁾, Nurul Jannah Asid³⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya
Jl. Semolowaru 84, Surabaya 60118

Email: Priyatmokodimas@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya
Jl. Semolowaru 84, Surabaya 60118

Email: didihari2@yahoo.com

³⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya
Jl. Semolowaru 84, Surabaya 60118

Email: nuruljannahasid@gmail.com

Abstract

The city of Surabaya is one of the big cities in Indonesia. Like other cities, Surabaya also has problems, especially problems regarding flooding. The problem of flooding in the city of Surabaya can be classified into 2 (two). Namely, drainage problems due to natural factors and man-made. One of the roads that are still regularly flooded in Surabaya when it rains is Coklat Street. In this study the authors analyzed using secondary data from related agencies from field observations. These data include rainfall data, inundation data, tide data and dimensions of existing canals and other complementary structures. From these data, it can be obtained that the average rainfall value is 97.54 mm / day, the rain intensity is 214.88 mm / hour for the 10 years period, while the Flood Debit Q Planning is 0.95 m³ / sec, and the discharge in the existing channel can be 0, 849 m³ / second. From the Tide Data, it is obtained that the peak of the tide is 150 cm high on December 13, 2016 and the lowest low tide is 130 cm on January 25, 2016. From the calculation and analysis results in the area that affects the occurrence of inundation is the channel dimension with Width 50 x Height 80 cm. From the analysis of the calculation of the redesign using the box culvert, the dimensions of each box are obtained, namely the width of the box culvert 80 x height 100 x length 120 cm for the 10 years period with a capacity of 2.227 m³ / second. If the rainfall is high in the area and the water level in the Kalimas river is overflowing, the results of the analysis need to install a floodgate with the dimensions of the sluice gate Width 60 x Height 180 x Thickness 1 cm so that when there is back water in the Brown street floodgates function and when the rainfall is also high, the floodgates are already operating, so to reduce water puddles, it is necessary to use the help of a pump. From the analysis results, the pump capacity is 2.5 m³ / second.

Keywords: Tides; Seawater; Rainfall; Flooding; Drainage

Abstrak

Kota Surabaya merupakan salah satu kota besar yang ada di Indonesia. Seperti kota-kota yang lainnya, Surabaya juga mempunyai permasalahan-permasalahan, terutama permasalahan mengenai banjir. Permasalahan banjir di Kota Surabaya dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua). Yaitu, permasalahan drainase karena faktor alam dan karena ulah manusia. Salah satu jalan yang masih menjadi langganan banjir di Surabaya ketika terjadi hujan adalah di Jalan Coklat. Dalam penelitian ini penulis menganalisa menggunakan data-data sekunder dari instansi terkait dari observasi di lapangan. Data-data ini antara lain data curah hujan, data genangan, data pasang surut air laut dan dimensi saluran eksisting dan bangunan-bangunan pelengkap lainnya. Dari data tersebut dapat diperoleh nilai curah hujan rata-rata 97,54 mm/hari, intensitas hujan 214,88 mm/jam periode 10 tahun, sedangkan Debit Banjir Q Rencana 0,95 m³/detik, dan Debit di saluran eksisting didapat 0, 849 m³/detik. Dari Data Pasang Surut didapat puncak pasang tinggi 150 cm di tanggal 13 desember 2016 dan surut terendah 130 cm pada tanggal 25 januari 2016. Dari hasil perhitungan dan analisa di wilayah tersebut yang mempengaruhi terjadinya genangan ialah dimensi saluran dengan Lebar 50 x Tinggi 80 cm. Dari hasil analisa perhitungan redesign menggunakan box culvert diperoleh dimensi masing masing box yaitu Lebar box culvert 80 x Tinggi 100 x Panjang 120 cm periode 10 tahun dengan kapasitas tampung 2,227 m³/detik. Jika curah hujan tinggi di wilayah tersebut dan elevasi muka air di sungai kalimas meluap maka di peroleh hasil dari analisa perlu pemasangan pintu air dengan dimensi pintu air Lebar Pintu 60 x Tinggi 180 x Tebal 1 cm agar ketika terjadi back water di wilayah Jl. Coklat pintu air berfungsi dan ketika curah hujan juga tinggi, pintu air sudah beroperasi maka untuk mengurangi sehingga tidak terjadi genangan perlu menggunakan bantuan pompa dari hasil analisa diperoleh kapasitas pompa 2,5 m³/detik.

Kata Kunci: Pasang Surut Air Laut; Curah Hujan; Banjir; Drainase

PENDAHULUAN

Kota Surabaya merupakan kota terbesar yg ada di Provinsi Jawa Timur. Hal ini menjadikan kota Surabaya sebagai pusat kegiatan pemerintahan, pendidikan, pariwisata, perdagangan, dan permukiman. Penduduk Kota

Surabaya tersebut menuntut adanya fasilitas memadai yang menunjang keamanan, nyaman, dan bebas dari banjir maupun genangan air.

Bertambahnya jumlah penduduk di kota Surabaya menyebabkan pesatnya perkembangan kota, sekaligus menyebabkan bertambahnya jumlah permukiman. beralih

fungsi lahan menjadi permukiman tersebut mengakibatkan berkurangnya resapan air ke dalam tanah sehingga limpasan air permukaan meningkat. dan Peningkatan jumlah penduduk juga menyebabkan meningkatnya debit limbah, dan berpotensi besar mengurangi sepadan saluran (eksploitasi lahan untuk pemukiman).

Rendahnya kesadaran masyarakat akan kebersihan dapat dijumpai dengan dibuangnya sampah ke saluran drainase. Sampah pada saluran menyebabkan menurunnya efektifitas saluran. Bahkan di beberapa tempat, saluran terputus akibat ditimbun oleh masyarakat.

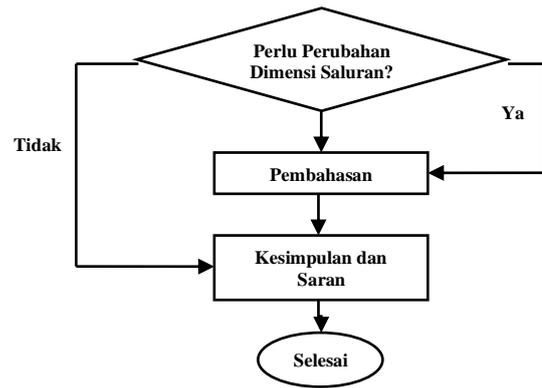
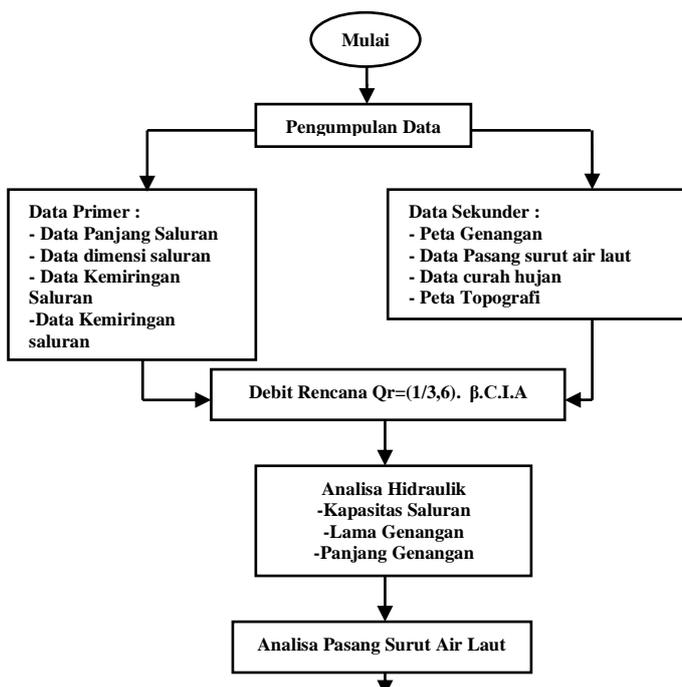
Hal – hal tersebut merupakan penyebab sistem drainase eksisting tidak berfungsi secara maksimal. Itu ditandai dengan sering terjadi genangan air di beberapa di Jl. Coklat

Untuk menanggulangi masalah yang ada diantaranya dapat dilakukan dengan menganalisis saluran drainase eksisting mulai dari daerah genangan air, pola aliran, dimensi saluran, tebal endapan, profil saluran, dan sebagainya yang terkait dengan efektifitas saluran dan kebutuhan drainase.

Menganalisa dan mengidentifikasi lokasi tergenang Jl. Coklat. Memperoleh tinggi, luas dan lamanya genangan air hujan di ruas jalan coklat dan sekitarnya ketika air laut pasang dan surut. Menganalisa kondisi saluran eksisting di wilayah Jl. coklat. Memperoleh cara penanganan yang sesuai untuk mengatasi banjir atau genangan di ruas jalan coklat

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mencapai tujuan dari penelitian antara lain : subjek penelitian, objek penelitian, tempat penelitian, sumber data, pengumpulan data serta pengelolaan data. Data tersebut diolah dengan tahapan pengelolaan data yang ditentukan sehingga dari hasil pengelolaan data tersebut nantinya menghasilkan suatu kesimpulan di akhir penelitian yang dilakukan ini.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan

Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data yang bersumber dari instansi terkait yang ada di Kota Surabaya dan data dari hasil survei di tempat penelitian.

Data primer diperoleh dari hasil survei secara langsung di tempat penelitian. Data tersebut dapat berupa kondisi eksisting saluran drainase, dimensi saluran drainase, dan elevasi saluran drainase. Data sekunder bersumber dan dihimpun oleh instansi-instansi terkait, seperti Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), pasang surut air laut Stasiun Tanjung Perak II Surabaya. Data sekunder yang digunakan adalah Data Pasang Surut, Data Curah Hujan, dan Peta topografi

PEMBAHASAN

Analisa Curah Hujan

Curah Hujan Maksimum

Curah hujan yang dibutuhkan untuk penyusunan tugas akhir ini adalah curah hujan rata-rata dari beberapa titik pengamatan/stasiun hujan di kota Surabaya yang berdekatan dengan lokasi penelitian. Surabaya mempunyai beberapa titik pengamatan/stasiun hujan. Untuk penelitian ini diwakili oleh 3 (tiga) stasiun hujan, yaitu: stasiun hujan Perak, Gubeng dan Kedung Cowek. Data curah hujan maksimum untuk ketiga stasiun pengamatan tersebut tersaji dalam tabel berikut:

Tabel 1. Data curah Hujamn Maksimum (mm/hari)

TAHUN	STASIUN		
	GUBENG	PERAK	K. COWEK
2008	106	89	72
2009	104	53	64
2010	98	92	84
2011	86	109	100
2012	106	110	123
2013	81	94	79
2014	70	129	73
2015	99	103	100
2016	109	140	117
2017	61	119	125
n = 10			

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya (2017)

Curah Hujan Maksimum

Dalam perhitungan hujan rata-rata di suatu wilayah. Dalam penelitian ini digunakan metode Gumbel untuk menghitung dan memperoleh nilai hujan rata-rata di lokasi penelitian

Tabel 2. Perhitungan Hujan Rata - Rata dengan Metode Gumbel.

TAHUN	STASIUN			Ri	Ri - \bar{R}	(Ri - \bar{R}) ²
	GUBENG	PERAK	K. COWEK			
2008	106	89	72	89.000	-8.543	72.980408
2009	104	53	64	70.714	-26.829	719.772245
2010	98	92	84	91.429	-6.114	37.384490
2011	86	109	100	99.857	2.314	5.355918
2012	106	110	123	112.571	15.029	225.857959
2013	81	94	79	86.000	-11.543	133.237551
2014	70	129	73	96.143	-1.400	1.960000
2015	99	103	100	101.000	3.457	11.951837
2016	109	140	117	124.571	27.029	730.543673
2017	61	119	125	104.143	6.600	43.560000
n = 10						
			$\Sigma R =$	975.429		$\Sigma(Ri - \bar{R})^2 =$ 1982.604
			$\bar{R} =$	97.543 mm/hari		$\Sigma(Ri - \bar{R})^2 / (n-1) =$ 220.2893424

Sumber : Perhitungan Excel (2019)

$$S = \sqrt{\sum \frac{(Ri - \bar{R})^2}{(n-1)}} \quad (1)$$

Simpangan Baku
S = 22,10

Untuk Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai curah hujan dengan periode ulang tertentu. Dengan bahan perhitungan dari perhitungan nilai Gumbel di atas, reduced mean terlampir di lampiran II, reduced standard deviation terlampir di lampiran III dan reduced variate. Rumus perhitungan curah hujan dengan periode ulang tertentu adalah sebagai berikut:

$$X_{Tr} = \bar{R} + \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} S \quad (2)$$

- Keterangan :
- X_{Tr} : curah hujan periode tertentu
 - S_n : reduced standard deviation
 - \bar{R} : rata-rata data
 - S : simpangan baku
 - Y_{Tr} : reduced variate
 - n : jumlah data
 - Y_n : reduced mean

Diketahui:
 S_n = 0,9496 n = 10
 S = 14,84
 \bar{R} = 97,54 Y_n = 0,4952

Perhitungan ulang tertentu dengan metode Gumbel
 Th 2 = 0,3668
 $X_2 = 97,543 + \frac{0,3668 - 0,4952}{0,9496} 14,84 = 95,53 \text{ mm/hari}$

Th 5 = 1,5004
 $X_5 = 97,543 + \frac{1,5004 - 0,4952}{0,9496} 14,84 = 113,25 \text{ mm/hari}$

Th 10 = 2,2510
 $X_{10} = 97,543 + \frac{2,2510 - 0,4952}{0,9496} 14,84 = 124,98 \text{ mm/hari}$

Th 25 = 3,1993
 $X_{25} = 97,543 + \frac{3,1993 - 0,4952}{0,9496} 14,84 = 139,80 \text{ mm/hari}$

Tabel 3. Perhitungan ulang curah hujan dengan metode Gumbel.

Periode Ulang Hujan	Curah Hujan (mm/hari)
2	95.54
5	113.25
10	124.99
25	139.81

Sumber: perhitungan Excel (2019)

Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah curah hujan per satuan waktu, Setelah menghitung dengan metode Gumbel dan di peroleh nilai curah hujan harian rata-rata. selanjutnya dilakukan perhitungan intensitas curah hujan dengan Metode Manonobe dengan rumus:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (3)$$

Keterangan:

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- t = Waktu Kosentrasi (jam)
- R₂₄ = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

Waktu konsentrasi (tc) air hujan mengalir dari hulu ke hilir dapat dihitung dengan metode Kirpich 1940 (Suripin, 2004) adalah

$$T_c = t_0 + t_f \quad (4)$$

Keterangan:

- T₀ = Overland Flow Time (Inlite Time) adalah waktu yang di perlukan oleh air untuk mengalir ke permukaan tanah dari titik terjauh pada suatu daerah pengaliran (catchment area) sampai system saluran yg di tinjau.
- T_f = Channel Flow Time adalah Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang titik saluran sampai ke titik control di bagian hilir yg di tinjau.

Kirpich Formula

$$t_0 = 0,0195 \left(\frac{L_0}{\sqrt{I_0}} \right)^{0,77} \text{ menit} \quad (5)$$

Keterangan:

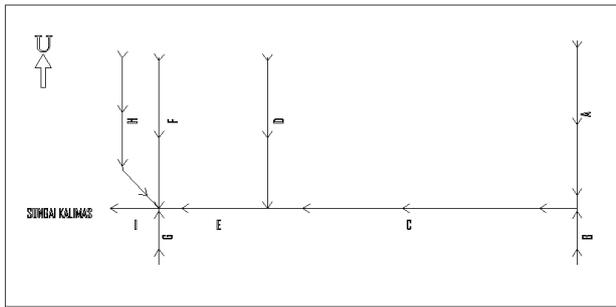
- L₀ = Jarak titik jauh lahan terhadap system saluran yang di tinjau
- I₀ = Kemiringan rata - rata permukaan tanah ke arah saluran yang di tinjau.

Chanel Flow Time

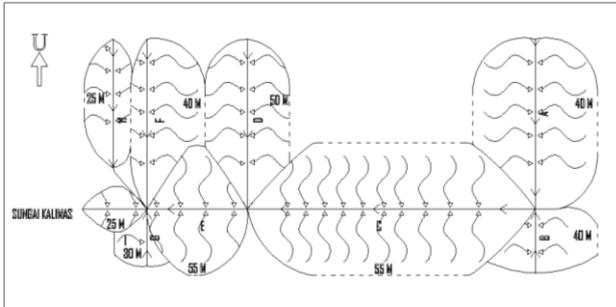
$$t_f = \left(\frac{L}{V} \right) \quad (6)$$

Keterangan:

- L = Panjang Saluran (m)
- V = Kecepatan Aliran Dalam Saluran (m/det)



Gambar 2. Skema saluran drainase.
Sumber: Penelitian (2019)



Gambar 3. Chatment aliran saluran drainase
Sumber: Penelitian (2019)

Perhitungan TC = $T_o + T_f$ (7)

To Jl. Slompetan (A) $t_o = 0,0195 \left(\frac{40}{\sqrt{0,0006}} \right)^{0,77} = 5,90$ Menit

To Jl. Slompetan (B) $t_o = 0,0195 \left(\frac{40}{\sqrt{0,0006}} \right)^{0,77} = 5,90$ Menit

To Jl. Coklat (C) $t_o = 0,0195 \left(\frac{55}{\sqrt{0,0006}} \right)^{0,77} = 7,54$ Menit

To Jl. Teh (D) $t_o = 0,0195 \left(\frac{40}{\sqrt{0,0006}} \right)^{0,77} = 5,90$ Menit

To Jl. Coklat (E) $t_o = 0,0195 \left(\frac{55}{\sqrt{0,0006}} \right)^{0,77} = 7,54$ Menit

To Jl. Karet (F) $t_o = 0,0195 \left(\frac{40}{\sqrt{0,0006}} \right)^{0,77} = 5,90$ Menit

To Jl. Karet (G) $t_o = 0,0195 \left(\frac{30}{\sqrt{0,0006}} \right)^{0,77} = 4,73$ Menit

To Jl. Karet (H) $t_o = 0,0195 \left(\frac{30}{\sqrt{0,0006}} \right)^{0,77} = 4,73$ Menit

To Jl. Coklat (I) $t_o = 0,0195 \left(\frac{25}{\sqrt{0,0006}} \right)^{0,77} = 4,11$ Menit

Menentukan T_f dengan rumus Dr. Rhiza yaitu:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$v = \frac{1}{0,025} \cdot 0,17^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0006^{\frac{1}{2}} = 0,31 \text{ m/detik}$$

$$Tf = \frac{L}{V} \quad (9)$$

$$Tf \text{ jl. Slompetan (A)} = \frac{90}{0,31} = 286,06 \text{ detik} = 4,77 \text{ menit}$$

$$Tf \text{ jl. Slompetan (B)} = \frac{30}{0,31} = 95,35 \text{ detik} = 1,59 \text{ menit}$$

$$Tf \text{ jl. Coklat (C)} = \frac{160}{0,31} = 508,55 \text{ detik} = 8,48 \text{ menit}$$

$$Tf \text{ jl. Teh (D)} = \frac{80}{0,31} = 254,27 \text{ detik} = 4,24 \text{ menit}$$

$$Tf \text{ jl. Coklat (E)} = \frac{56}{0,31} = 177,99 \text{ detik} = 2,97 \text{ menit}$$

$$Tf \text{ jl. Karet (F)} = \frac{80}{0,31} = 254,28 \text{ detik} = 4,24 \text{ menit}$$

$$Tf \text{ jl. Karet (G)} = \frac{80}{0,31} = 254,28 \text{ detik} = 4,24 \text{ menit}$$

$$Tf \text{ jl. Karet (H)} = \frac{30}{0,31} = 95,35 \text{ detik} = 1,59 \text{ menit}$$

$$Tf \text{ jl. Coklat (I)} = \frac{25}{0,31} = 79,46 \text{ detik} = 1,32 \text{ menit}$$

Sehingga $TC = T_o + T_f$

Tc Slompetan (A) = 5,9 + 4,76 = 10,67 Menit = 0,18 Jam

Tc Slompetan (B) = 5,9 + 1,58 = 7,49 Menit = 0,12 Jam

Tc Jl. Coklat (C) = 7,53 + 8,47 = 16,02 Menit = 0,27 Jam

Tc Jl. Teh (D) = 5,9 + 4,23 = 10,14 Menit = 0,17 Jam

Tc Jl. Coklat (E) = 7,54 + 2,97 = 10,51 Menit = 0,18 Jam

Tc Jl. Karet (F) = 5,9 + 4,24 = 10,14 Menit = 0,17 Jam

Tc Jl. Karet (G) = 4,73 + 4,24 = 8,97 Menit = 0,15 Jam

Tc Jl. Karet (H) = 4,73 + 1,59 = 6,32 Menit = 0,11 Jam

Tc Jl. Coklat (I) = 4,11 + 1,32 = 5,43 Menit = 0,09 Jam

Dari hasil perhitungan curah hujan periode ulang 25 tahun maka diperoleh nilai hujan rencana sebesar 139,80 mm/hari. Maka bisa di hitung nilai intensitas hujan sebesar

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ mm/jam} \quad (10)$$

$$I \text{ Jl. Slompetan (A)} = \frac{139,80}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,18} \right)^{\frac{2}{3}} = 153,29 \text{ mm/jam}$$

$$I \text{ Jl. Slompetan (B)} = \frac{139,80}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,12} \right)^{\frac{2}{3}} = 194,06 \text{ mm/jam}$$

$$I \text{ Jl. Coklat (C)} = \frac{139,80}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,27} \right)^{\frac{2}{3}} = 116,91 \text{ mm/jam}$$

$$I \text{ Jl. Teh (D)} = \frac{139,80}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,17} \right)^{\frac{2}{3}} = 158,58 \text{ mm/jam}$$

$$I \text{ Jl. Coklat (E)} = \frac{139,80}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,18} \right)^{\frac{2}{3}} = 154,86 \text{ mm/jam}$$

$$I \text{ Jl. Karet (F)} = \frac{139,80}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,17} \right)^{\frac{2}{3}} = 158,58 \text{ mm/jam}$$

$$I \text{ Jl. Karet (G)} = \frac{139,80}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,15} \right)^{\frac{2}{3}} = 172,12 \text{ mm/jam}$$

$$I \text{ Jl. Karet (H)} = \frac{139,80}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,11} \right)^{\frac{2}{3}} = 217,38 \text{ mm/jam}$$

$$I \text{ Jl. Coklat (I)} = \frac{139,80}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,09} \right)^{\frac{2}{3}} = 240,37 \text{ mm/jam}$$

Maka Untuk Hasil yang lebih lengkap periode ulang sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil perhitungan periode ulang nilai I (mm/jam).

Periode	Waktu (mm/jam)	Periode	Waktu (mm/jam)
Ulang	Intensitas	Ulang	Intensitas
2 Th	104.75	10 Th	137.04
	132.61		173.49
	79.89		104.52
	108.37		141.77
	105.82		138.44
	108.37		141.77
	117.62		153.87
	148.54		194.33
5 Th	164.25	25 Th	214.88
	124.18		153.29
	157.20		194.06
	94.71		116.91
	128.46		158.58
	125.44		154.86
	128.46		158.58
	139.43		172.12
	176.09		217.38
	194.71		240.37

Sumber: Perhitungan (2019)

Debit Banjir Rencana

Pada perencanaan drainase ini penulis menggunakan periode ulang yang sesuai dengan daerah penelitian. Metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana adalah metode rasional, dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{3,60} \cdot \beta \cdot C \cdot I \cdot A \tag{11}$$

Dimana diketahui:

- Q = Debit banjir (m3/jam)
- I = Intensitas hujan mm/jam (periode ulang 10 tahun)
- A = Area KM2
- C = 0,95 → Koefisien Aliran kawasan perkotaan
- B = 1 → Koefisien Penyebaran Hujan (Drainase Perkotaan)

Menganalisa Perhitungan nilai debit banjir adalah :

$$Q \text{ Jl. Slompentan (A)} = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,95 \times 137,04 \times 0,0036 = 0,13 \text{ m3/detik}$$

$$Q \text{ Jl. Slompentan (B)} = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,95 \times 173,49 \times 0,0012 = 0,05 \text{ m3/detik}$$

$$Q \text{ Jl. Coklat (C)} = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,95 \times 104,52 \times 0,0088 = 0,24 + 0,13 + 0,05 = 0,43 \text{ m3/detik}$$

$$Q \text{ Jl. Teh (D)} = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,95 \times 141,77 \times 0,0032 = 0,12 \text{ m3/detik}$$

$$Q \text{ Jl. Coklat (E)} = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,95 \times 138,44 \times 0,0031 = 0,11 + 0,43 + 0,12 = 0,66 \text{ m3/detik}$$

$$Q \text{ Jl. Karet (F)} = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,95 \times 141,77 \times 0,0032 = 0,12 \text{ m3/detik}$$

$$Q \text{ Jl. Karet (G)} = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,95 \times 153,87 \times 0,0024 = 0,10 \text{ m3/detik}$$

$$Q \text{ Jl. Karet (H)} = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,95 \times 194,33 \times 0,0009 = 0,05 \text{ m3/detik}$$

$$Q \text{ Jl. Coklat (I)} = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,95 \times 214,88 \times 0,0005 = 0,03 + 0,66 + 0,12 + 0,10 + 0,05 = 0,95 \text{ m3/detik}$$

Menganalisa Pengaliran:

$$C = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3}{A \text{ Total}} \tag{12}$$

$$C = \frac{0,95 \times 0,01 + 0,95 \times 0,015 + 0,95 \times 0,01}{0,035} = 0,95$$

Lebih lengkapnya tersaji dalam tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai Debit Banjir Rencana.

QR 2		QR 5		QR 10	
Q.jl. Slompentan (A)	0.10	Q.jl. Slompentan (A)	0.12	Q.jl. Slompentan (A)	0.13
Q.jl. Slompentan (B)	0.04	Q.jl. Slompentan (B)	0.05	Q.jl. Slompentan (B)	0.05
Q.jl. Coklat (C)	0.33	Q.jl. Coklat (C)	0.39	Q.jl. Coklat (C)	0.43
Q.jl. Teh (D)	0.09	Q.jl. Teh (D)	0.11	Q.jl. Teh (D)	0.12
Q.jl. Coklat (E)	0.50	Q.jl. Coklat (E)	0.60	Q.jl. Coklat (E)	0.66
Q.jl. Karet (F)	0.09	Q.jl. Karet (F)	0.11	Q.jl. Karet (F)	0.12
Q.jl. Karet (G)	0.07	Q.jl. Karet (G)	0.09	Q.jl. Karet (G)	0.10
Q.jl. Karet (H)	0.04	Q.jl. Karet (H)	0.04	Q.jl. Karet (H)	0.05
Q.jl. Coklat (I)	0.73	Q.jl. Coklat (I)	0.86	Q.jl. Coklat (I)	0.95

Sumber: Perhitungan (2019)

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dilakukan guna untuk mengetahui apakah secara teknis sistem drainase yang direncanakan sesuai dengan persyaratan teknis. Analisis ini berisi perhitungan kapasitas saluran dan analisis perencanaan saluran. Perhitungan kapasitas

Analisis Kapasitas Saluran Ekisting

Bentuk penampang saluran drainase yg di lokasi penelitian berdasarkan survey di lapangan yaitu berbentuk persegi. Untuk mengetahui kondisi saluran eksisting sebagai berikut:

Dimensi Saluran Jl. Slompentan (A)

Diketahui:

- B = 0,5 m
- H = 0,6 m
- n = koefisien kekasaran saluran (manning) diambil 0,025 karena terbuat dari pasangan batu disemen
- S = 0,0006 (Kemiringan Dasar Saluran)

Luas Penampang Basah (A)
 $A = Bh$ atau $B = Ah$ (13)

$A = 0,5 \times 0,6 = 0,3 \text{ m}^2$
 Keliling Basah (P)
 $P = B + 2h$ (14)
 $P = 0,5 + (2 \times 0,6) = 1,7 \text{ m}$

Jari – Jari Hidrolis (R)
 $R = \frac{A}{P}$ (15)

$R = \frac{0,3}{1,7} = 0,17 \text{ m}$

Kapasitas kecepatan aliran disaluran (V)
 $V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$ (16)
 $V = 1/0,025 \times 0,17^{2/3} \times 0,0006^{1/2}$
 $V = 0,31 \text{ m/detik}$

Kapasitas debit saluran di ekisting (Q)
 $Q = V \times A$ (17)
 $Q = 0,31 \times 0,3 = 0,094 + 0,094 + 0,094 = 0,283 \text{ m}^3/\text{detik}$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai Debit di saluran ekisting pada tiap – tiap saluran.

Kapasitas Q di ekisting		m3/detik
Qjl. Slompentan (A)	0.094	
Qjl. Slompentan (B)	0.094	
Qjl. Coklat (C)	0.283	
Qjl. Teh (D)	0.094	
Qjl. Coklat (E)	0.472	
Qjl. Karet (F)	0.094	
Qjl. Karet (G)	0.094	
Qjl. Karet (H)	0.094	
Qjl. Coklat (I)	0.849	

Sumber: Perhitungan (2019)

Dari hasil perbandingan kapasitas tampung saluran Q2 (rencana) dengan Q ekisting yang di dapat yaitu pada Q Jl. Slompentan (A) di dapat nilai Q rencana 0,100 m³/detik, sedangkan dari hasil perhitungan dimensi saluran ekisting di dapat Q 0,094 m³/detik maka dapat disimpulkan bahwa Q ekisting Jl. Slompentan (A) tidak dapat menampung kapasitas / meluber.

Dari hasil perbandingan kapasitas tampung saluran Q2 (rencana) dengan Q ekisting yang di dapat yaitu pada Q Jl. Slompentan (B) di dapat nilai Q rencana 0,042 m³/detik, sedangkan dari hasil perhitungan dimensi saluran ekisting di dapat Q 0,094 m³/detik maka dapat disimpulkan bahwa Q ekisting Jl. Slompentan (B) dapat menampung kapasitas.

Dari hasil perbandingan kapasitas tampung saluran Q2 (rencana) dengan Q ekisting yang di dapat yaitu pada Q Jl. Coklat (C) di dapat nilai Q rencana yaitu 0,327 m³/detik, sedangkan dari hasil perhitungan dimensi saluran ekisting di dapat Q 0,283 m³/detik maka dapat di simpulkan bahwa Q ekisting Jl. Coklat (C) tidak dapat menampung kapasitas / meluber.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai Debit di saluran ekisting pada tiap – tiap saluran dengan Debit rencana dua tahun.

QR 2		Kapasitas Q di ekisting		Keterangan
Qjl. Slompentan (A)	0.100	Qjl. Slompentan (A)	0.094	MELUBER
Qjl. Slompentan (B)	0.042	Qjl. Slompentan (B)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Coklat (C)	0.327	Qjl. Coklat (C)	0.283	MELUBER
Qjl. Teh (D)	0.092	Qjl. Teh (D)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Coklat (E)	0.505	Qjl. Coklat (E)	0.472	MELUBER
Qjl. Karet (F)	0.092	Qjl. Karet (F)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Karet (G)	0.074	Qjl. Karet (G)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Karet (H)	0.035	Qjl. Karet (H)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Coklat (I)	0.727	Qjl. Coklat (I)	0.849	MENAMPUNG

Sumber: Perhitungan (2019)

Tabel 8. Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai Debit di saluran ekisting pada tiap – tiap saluran dengan Debit rencana lima tahun.

QR 5		Kapasitas Q di ekisting		Keterangan
Qjl. Slompentan (A)	0.118	Qjl. Slompentan (A)	0.094	MELUBER
Qjl. Slompentan (B)	0.050	Qjl. Slompentan (B)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Coklat (C)	0.388	Qjl. Coklat (C)	0.283	MELUBER
Qjl. Teh (D)	0.108	Qjl. Teh (D)	0.094	MELUBER
Qjl. Coklat (E)	0.598	Qjl. Coklat (E)	0.472	MELUBER
Qjl. Karet (F)	0.108	Qjl. Karet (F)	0.094	MELUBER
Qjl. Karet (G)	0.088	Qjl. Karet (G)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Karet (H)	0.042	Qjl. Karet (H)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Coklat (I)	0.862	Qjl. Coklat (I)	0.849	MELUBER

Sumber: Perhitungan (2019)

Tabel 9. Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai Debit di saluran ekisting pada tiap – tiap saluran dengan Debit rencana sepuluh tahun.

QR 10		Kapasitas Q di ekisting		Keterangan
Qjl. Slompentan (A)	0.130	Qjl. Slompentan (A)	0.094	MELUBER
Qjl. Slompentan (B)	0.055	Qjl. Slompentan (B)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Coklat (C)	0.428	Qjl. Coklat (C)	0.283	MELUBER
Qjl. Teh (D)	0.120	Qjl. Teh (D)	0.094	MELUBER
Qjl. Coklat (E)	0.660	Qjl. Coklat (E)	0.472	MELUBER
Qjl. Karet (F)	0.120	Qjl. Karet (F)	0.094	MELUBER
Qjl. Karet (G)	0.097	Qjl. Karet (G)	0.094	MELUBER
Qjl. Karet (H)	0.046	Qjl. Karet (H)	0.094	MENAMPUNG
Qjl. Coklat (I)	0.952	Qjl. Coklat (I)	0.849	MELUBER

Sumber: Perhitungan (2019)

Data dari instansi Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematuan kota Surabaya diperoleh data genangan di lokasi penelitian sebagai berikut:

Tabel10. Data Genangan Jl. Coklat

Bulan	Luas (Ha)	Tinggi (cm)	Lama (Menit)
Januari	1.58	30	250
Februari	1.28	18	95
Maret	1.1	15	80
April	0.7	9	75
Mei	0	0	0
Juni	0	0	0
Juli	0	0	0
Agustus	0	0	0
September	0	0	0
Oktober	0	0	0
Nopember	0	0	0
Desember	1	15	45

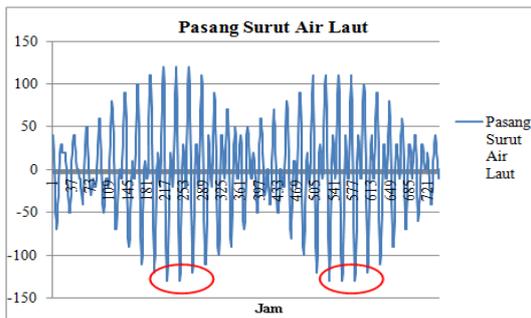
Sumber: Dinas PU Kota Surabaya (2016)

Dari data diatas terdapat genangan di Jl. Coklat didapatkan informasi bahwa genangan tertinggi adalah 30 cm dengan lama genangan 250 menit dengan luas genangan mencapai 1,58 Ha. Oleh karena itu perlu di lakukan tinjauan pasang surut air laut.

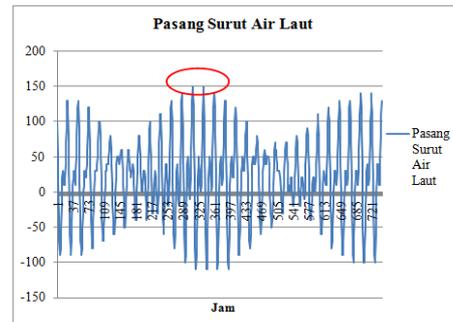
Analisa Pasang Tertinggi dan Surut Terendah Pasang Tertinggi dan Surut Terendah

Data pasang surut yang digunakan untuk penelitian ini adalah data pasang surut tahun 2016 dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Tanjung Perak II Surabaya. Data ini di mulai dari bulan Januari sampai Desember 2016.

Diperoleh data pasang tertinggi dan surut terendah yang pernah terjadi selama tahun 2016. Untuk pasang tertinggi adalah 150 cm terjadi pada tanggal 13, dan 14 Desember 2016. Sedangkan untuk surut terendahnya adalah -130 cm terjadi pada tanggal 10, 11, 23, 24, 25 Januari 2016. Untuk grafik pasang surut pada bulan Januari dan Desember 2016 dapat dilihat pada grafik berikut:



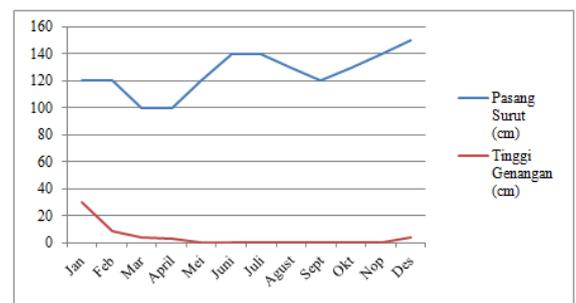
Gambar 4. Grafik Pasang Surut Air Laut Januari 2016
 Sumber: BMKG Stasiun Meteorologi Tanjung Perak II Surabaya



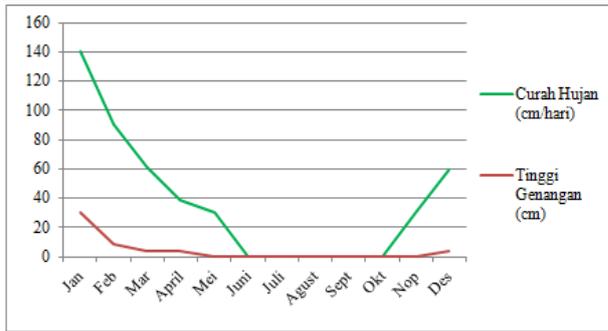
Gambar 5. Grafik Pasang Surut Air Laut Desember 2016
 Sumber: BMKG Stasiun Meteorologi Tanjung Perak II Surabaya.

Menganalisa pasang surut air laut dan Analisa Curah Hujan

Dari data curah hujan dan pasang surut maka akan dilakukan analisis dampaknya terhadap saluran drainase dan genangan di lokasi penelitian. Pada saat terjadi genangan tertinggi pada bulan Januari yaitu 30 cm dengan luas genangan mencapai 1,58 ha dan lama genangan 250 menit atau hampir 4 jam, pasang air laut tertinggi pada bulan yang sama yaitu 130 cm dan curah hujan tertinggi di stasiun terdekat dengan lokasi penelitian adalah 130 mm/hari. Pada bulan Februari pasang tertinggi 120 cm dan curah hujannya 90 mm/hari, genangan yang terjadi di lokasi penelitian 18 cm dengan luas genangan 1,28 ha dan lama genangan 95 menit. lebih rendah dibandingkan genangan yang terjadi pada bulan Januari. pada saat air laut terjadi pasang tertinggi selama tahun 2016 yaitu pada bulan Desember dengan ketinggian 150 cm dan curah hujannya 59 mm/hari, genangan yang terjadi di lokasi penelitian 15 cm dengan luas genangan 1 ha dan lama genangan 45 menit. Ini jauh lebih rendah lagi dibandingkan dengan genangan yang terjadi pada bulan Januari dan Februari.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Pasang Surut Laut dan Tinggi Genangan.
 Sumber: Perhitungan (2019)

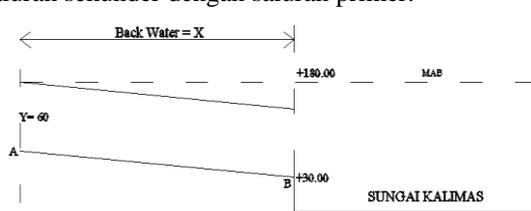


Gambar 7. Grafik Hubungan antara Curah Hujan dan Tinggi Genangan.
Sumber: Perhitungan (2019)

Dari analisis dapat disimpulkan pasang surut air laut tidak terlalu berpengaruh terhadap banjir di lokasi penelitian akan tetapi curah hujan sangat lebih berpengaruh terhadap genangan/banjir yang terjadi di kawasan tersebut. Karena semakin tinggi curah hujannya maka semakin luas genangan di lokasi tersebut, maka perlu di tinjau analisis *back water*.

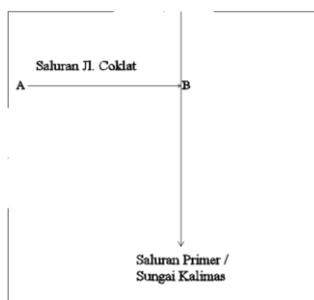
Perhitungan *back Water*

Analisa *back water* dipengaruhi oleh penyempitan kapasitas saluran dan untuk mengetahui sejauh mana ketinggian air pada jarak tertentu akibat adanya muka air banjir tertinggi di sekitar daerah Sungai. Berdasarkan hasil survei lapangan, dimensi Pertemuan saluran sekunder dengan saluran primer.



POTONGAN MEMANJANG SALURAN TERBUKA

Gambar 8. Potongan memanjang pertemuan saluran sekunder/(penelitian) dengan saluran primer.
Sumber: Penelitian (2019)



Gambar 9. Sistem aliran drainase
Sumber: Penelitian (2019)

Perhitungan Tahap 1:

- a. Menentukan kedalaman air (y) pada saluran, dalam perhitungan ini di ambil selisi Y adalah 0,1 m
Y = 1.5 m

- b. Menghitung luas penampang basah (A) berdasarkan kedalaman air:
 $A = (b+m.y) = 0.5 \times 1.5 = 0.75 \text{ m}^2$
- c. Menghitung keliling basah saluran (P) berdasarkan kedalaman air:
 $P = 0,5 + (2 \times 1,5) = 3,5 \text{ m}$
- d. Menghitung Jari-jari hidrolis (R) saluran berdasarkan kedalaman air: $R = \frac{0.75}{3.5} = 0,21 \text{ m}$
- e. Menghitung Jari-jari hidrolis ($R^{4/3}$) saluran berdasarkan kedalaman air :
 $R^{4/3} = 0,128 \text{ m}$
- f. Menghitung Energi spesifik (E) saluran berdasarkan kedalaman air:
 $V = \frac{Q}{A} = \frac{0,094}{0,75} = 0,126 \text{ m/det}$
- g. Menghitung tinggi kecepatan ($a \frac{V^2}{2g}$) saluran berdasarkan kedalaman air : $a \frac{V^2}{2g} = \frac{0,126^2}{2 \times 9,8} = 0,0008$
- h. Menghitung Energi spesifik (E) saluran berdasarkan kedalaman air :
 $E = 1,5 + 0,0008 = 1,5 \text{ m}$
- i. Menghitung miring energi (If)saluran berdasarkan kedalaman air :
 $I_f = \frac{n^2 \cdot v^2}{R^{4/3}} = \frac{0,025^2 \cdot 0,126^2}{0,128} = 0,0001$

Perhitungan Tahap 2:

- a. Menentukan kedalaman air (y) pada saluran, dalam perhitungan ini di ambil selisi Y adalah 0,1 m
Y = 1.4 m
- b. Menghitung luas penampang basah (A) berdasarkan kedalaman air:
 $A = (b+m.y) = 0.5 \times 1.4 = 0,70 \text{ m}^2$
- c. Menghitung keliling basah saluran (P) berdasarkan kedalaman air:
 $P = 0,5 + (2 \times 1,4) = 3,3 \text{ m}$
- d. Menghitung Jari-jari hidrolis (R) saluran berdasarkan kedalaman air: $R = \frac{0,70}{3,3} = 0,21 \text{ m}$
- e. Menghitung Jari-jari hidrolis ($R^{4/3}$) saluran berdasarkan kedalaman air:
 $R^{4/3} = 0,127 \text{ m}$
- f. Menghitung Energi spesifik (E) saluran berdasarkan kedalaman air :
 $V = \frac{Q}{A} = \frac{0,094}{0,70} = 0,135 \text{ m/det}$
- g. Menghitung tinggi kecepatan ($a \frac{V^2}{2g}$)saluran berdasarkan kedalaman air :
 $a \frac{V^2}{2g} = \frac{0,135^2}{2 \cdot 9,8} = 0,0009$
- h. Menghitung Energi spesifik (E) saluran berdasarkan kedalaman air:
 $E = 1,4 + 0,0009 = 1,4 \text{ m}$
- i. Menghitung miring energi (If)saluran berdasarkan kedalaman air: $I_f = \frac{n^2 \cdot v^2}{R^{4/3}} = \frac{0,025^2 \cdot 0,135^2}{0,127} = 0,0001 \text{ m}$
- j. Menghitung miring energi rata-rata (If) saluran berdasarkan kedalaman air :
 $I_{\bar{f}} = \frac{I_{f1} + I_{f2}}{2} = \frac{0,0006 + 0,0001}{2} = 0,0004$
- k. Menghitung selisih miring dasar dengan miring energi rata-rata (Io-I f) saluran berdasarkan kedalaman air :
 $I_o - I_{\bar{f}} = 0,0006 - 0,0004 = 0,0002$

- Menghitung Panjang bagian saluran antara 2 tahap berurutan (Δx) saluran berdasarkan kedalaman air:

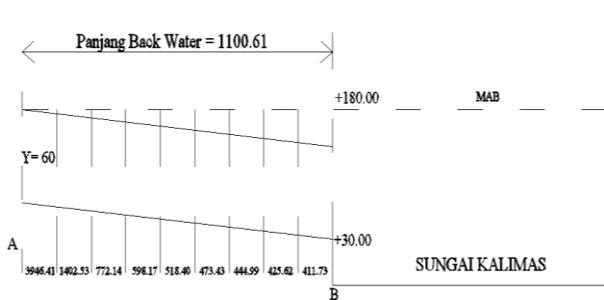
$$\Delta x = \Delta E - I_o - I_f = 0,0999 - 0,0002 = 411,73m$$

- Menghitung Jarak dari penampang yang ditinjau terhadap titik control awal perhitungan (x) saluran kedalaman air : $x = 0 + \Delta E = 0 + 411,73 = 411,73m$
Selanjutnya dihitung dalam tabel

Tabel 11. Hasil perhitungan *back water*

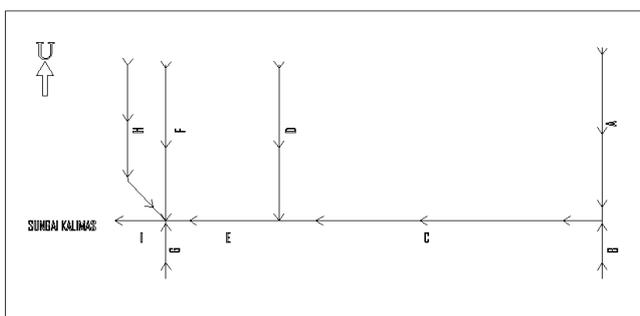
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Y	A	P	R	R^{+1}	V	$\frac{V^2}{g}$	E	ΔE	I_f	I_f	$I_b - I_f$	ΔX	X
1.50	0.75	3.50	0.21	0.128	0.126	0.0008	1.50	-	0.0001	0.0004	0.0002	-	-
1.40	0.70	3.30	0.21	0.127	0.135	0.0009	1.40	0.0999	0.0001	0.0004	0.0002	411.73	411.73
1.30	0.65	3.10	0.21	0.125	0.145	0.0011	1.30	0.0999	0.0001	0.0004	0.0002	425.62	837.35
1.20	0.60	2.90	0.21	0.122	0.157	0.0013	1.20	0.0998	0.0001	0.0004	0.0002	444.99	1282.33
1.10	0.55	2.70	0.20	0.120	0.172	0.0015	1.10	0.0998	0.0002	0.0004	0.0002	473.43	1755.77
1.00	0.50	2.50	0.20	0.117	0.189	0.0018	1.00	0.0997	0.0002	0.0004	0.0002	518.40	2274.17
0.90	0.45	2.30	0.20	0.114	0.210	0.0022	0.90	0.0996	0.0002	0.0004	0.0002	598.17	2872.34
0.80	0.40	2.10	0.19	0.110	0.236	0.0028	0.80	0.0994	0.0003	0.0005	0.0001	772.14	3644.48
0.70	0.35	1.90	0.18	0.105	0.270	0.0037	0.70	0.0991	0.0004	0.0005	0.0001	1402.53	5047.02
0.60	0.30	1.70	0.18	0.099	0.315	0.0051	0.61	0.0987	0.0006	0.0006	0.0000	-3946.41	1100.61

Sumber: Perhitungan (2019)



POTONGAN MEMANJANG SALURAN TERBUKA

Gambar 10. Hasil perhitungan *back water* pada potongan saluran memanjang
Sumber: Perhitungan (2019)



Gambar 11. Hubungan antara hasil perhitungan *back water* dengan saluran drainase.
Sumber: Perhitungan (2019)

Dari hasil perhitungan *back water* maka didapat panjang *back water* 1.100,61 M, maka *back water* masuk ke saluran saluran Jl. Coklat dan sekitarnya.

Pada jarak 25 meter tepatnya di Jl. Coklat (i)

air dari sungai kalimas mulai naik menuju ke Jl. Coklat (I) dengan elevasi 1,5 m dan menyebar ke saluran sekitarnya mulai dari saluran Jl. Karet (H), (G), (F) dan juga menuju ke Jl. Coklat (E).

Lebih lengkapnya hasil hubungan antar perhitungan *back water* dengan saluran drainase saat terjadi genangan.



Gambar 12. Hubungan antara hasil perhitungan *back water* dengan saluran drainase.
Sumber: Perhitungan (2019)

PEMBAHASAN

Perencanaan Ulang Saluran Drainase

Karena saluran eksisting di jalan coklat sudah tidak mampu untuk menampung debit banjir di lokasi tersebut, maka saluran tersebut harus segera diredesain. Rekomendasi dari penulis untuk saluran yang baru untuk lokasi penelitian tersebut diubah dengan menggunakan Box culvert. Rekomendasi saluran yang tepat agar mampu menampung debit puncak banjir di lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

Diketahui $Q_r 10 \text{ th} = 0,130 \text{ m}^3/\text{detik}$

Mencari luas penampang basah saluran

$$Q = A \cdot V \quad (18)$$

$$A = Q/V = \text{m}^2$$

$$A = 0,130 / 0,314 = 0,41 \text{ m}^2$$

$$B \text{ Rencana} = 0,6 \text{ m}$$

$$A = b \cdot h \quad (19)$$

$$h = A/b$$

$$h = 0,41 / 0,6 = 0,69 \text{ m di bulatkan menjadi } 0,7 \text{ m}$$

$$W \text{ (tinggi jagaan)} = 1/3 \times H = 0,266 \text{ m dibulatkan menjadi } 0,3 \text{ m}$$

Keliling basah saluran

$$P = B + 2H \quad (20)$$

$$P = 0,6 + 2 \times 0,7 = 2 \text{ m}$$

Jari-jari hidrolis

$$R = A/P \quad (21)$$

$$R = 0,41 / 2 \text{ m} = 0,21 \text{ m}$$

Kemiringan dasar saluran dari panjang saluran tetap sama = 0,0006

Koefisien manning = 0,013 (saluran dari beton)

Kecepatan Aliran:

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (22)$$

$$V = 1/0,013 \cdot 0,21^{2/3} \cdot 0,0006^{1/2}$$

$$V = 0,673 \text{ m/detik}$$

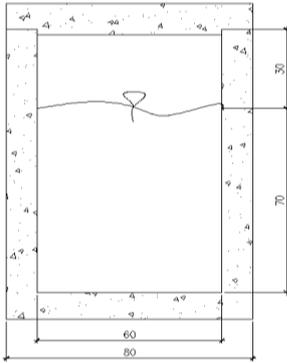
Q rencana

$$Q = V \times A \quad (23)$$

$$Q = 0,673 \text{ m/detik} \times 0,41 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,278 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Q rencana lebih besar dari Q target
 $0,285 \text{ m}^3/\text{detik} > 0,130 \text{ m}^3/\text{detik}$ (aman)



Gambar 13. Penampang saluran persegi yang sudah di redesain

Tabel 12. Perbandingan hasil perhitungan nilai debit di saluran yang sudah di redesain pada tiap – tiap saluran dengan Debit rencana dua tahun.

QR 2 th	Kapasitas Q (setelah di redesain)		Keterangan
Q.jl. Slompetan (A)	0.100	Q.jl. Slompetan (A) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Slompetan (B)	0.042	Q.jl. Slompetan (B) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Coklat (C)	0.327	Q.jl. Coklat (C) 0.835	MENAMPUNG
Q.jl. Teh (D)	0.092	Q.jl. Teh (D) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Coklat (E)	0.505	Q.jl. Coklat (E) 1.392	MENAMPUNG
Q.jl. Karet (F)	0.092	Q.jl. Karet (F) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Karet (G)	0.074	Q.jl. Karet (G) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Karet (H)	0.035	Q.jl. Karet (H) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Coklat (I)	0.727	Q.jl. Coklat (I) 2.227	MENAMPUNG

Sumber: Perhitungan (2019)

Tabel 13. Perbandingan hasil perhitungan nilai debit di saluran yang sudah di redesain pada tiap – tiap saluran dengan Debit rencana lima tahun.

QR 5 th	Kapasitas Q (setelah di redesain)		Keterangan
Q.jl. Slompetan (A)	0.118	Q.jl. Slompetan (A) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Slompetan (B)	0.050	Q.jl. Slompetan (B) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Coklat (C)	0.388	Q.jl. Coklat (C) 0.835	MENAMPUNG
Q.jl. Teh (D)	0.108	Q.jl. Teh (D) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Coklat (E)	0.598	Q.jl. Coklat (E) 1.392	MENAMPUNG
Q.jl. Karet (F)	0.108	Q.jl. Karet (F) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Karet (G)	0.088	Q.jl. Karet (G) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Karet (H)	0.042	Q.jl. Karet (H) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Coklat (I)	0.862	Q.jl. Coklat (I) 2.227	MENAMPUNG

Sumber: Perhitungan (2019)

Tabel 14. Perbandingan hasil perhitungan nilai debit di saluran yang sudah di redesain pada tiap – tiap saluran dengan Debit rencana sepuluh tahun.

QR 10	Kapasitas Q (setelah di redesain)		Keterangan
Q.jl. Slompetan (A)	0.130	Q.jl. Slompetan (A) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Slompetan (B)	0.055	Q.jl. Slompetan (B) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Coklat (C)	0.428	Q.jl. Coklat (C) 0.835	MENAMPUNG
Q.jl. Teh (D)	0.120	Q.jl. Teh (D) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Coklat (E)	0.660	Q.jl. Coklat (E) 1.392	MENAMPUNG
Q.jl. Karet (F)	0.120	Q.jl. Karet (F) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Karet (G)	0.097	Q.jl. Karet (G) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Karet (H)	0.046	Q.jl. Karet (H) 0.278	MENAMPUNG
Q.jl. Coklat (I)	0.952	Q.jl. Coklat (I) 2.227	MENAMPUNG

Sumber: Perhitungan (2019)

Perencanaan Pemasangan Pompa

Direncanakan:

Qr Pompa = 1,2 m³/detik

Jumlah Pompa = 2 buah

Long Storage rencana saluran = 2,227 m³/detik

Perhitungan Volume yang melimpas dan waktu pemompaan dengan 2 pompa berkapasitas 2,4 m³/detik:

Pompa (Q) = 2,4 m³/detik

Volume yang di kendalikan:

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (24)$$

$$\Delta t = 0,12 - 0,18 = -0,06 \text{ jam} = -190,71 \text{ detik}$$

$$\text{Volume Inflow} = Q_r \times t \quad (25)$$

$$= 0,278 \text{ m}^3/\text{detik} \times -190,71 \text{ detik}$$

$$= -53,09 \text{ m}^3$$

Volume Inflow Kumulatif

$$= \text{vol. inflow kumulatif 1} + \text{vol. inflow kumulatif 2} \quad (26)$$

$$= 0 + -53,09$$

$$= -53,09 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Outflow} = Q \text{ pompa} \times t \quad (27)$$

$$= 2,4 \times -190,71$$

$$= -457,700 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Volume Outflow Kumulatif

$$= \text{vol. outflow kumulatif 1} + \text{vol. outflow kumulatif 2}$$

$$= 0 + -457,700$$

$$= -457,700 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Volume yang harus dikendalikan} \quad (28)$$

$$= \text{vol. inflow kumulatif} - \text{vol. outflow kumulatif}$$

$$= -53,09 + -457,700 = 404,61 \text{ m}^3$$

Volume yang melimpas

$$= \text{Volume yang harus di kendalikan} - \text{Vol. Total}$$

$$= 327 - 2,227$$

$$= 402,39 \text{ m}^3$$

Tabel 15. Hasil perhitungan volume yang melimpas dan waktu pemompaan dengan 2 pompa berkapasitas 2,4 m³/detik

T = jam	Δ t Detik	volume inflow		volume outflow		Q pompa x Δ t (m ³ /det)	Volume yang harus di kendalikan tampungan (m ³)	Volume yg melimpas (m ³)	Keterangan	
		Q rencana (m ³)	Volume (m ³)	Q pompa kumulatif (m ³ /det)	Q pompa x Δ t (m ³ /det)					Volume outflow Kumulatif (m ³)
0.18	0	0.278	0	0	0	0	0	0	0	
0.12	-190.71	0.278	-53.09	-53.09	2.4	-457.700	-457.700	404.61	402.39	Melimpas
0.57	1601.00	0.835	1336.99	1283.91	2.4	3042.405	3394.705	-2100.80	-2103.03	Tidak melimpas
0.17	-1442.08	0.278	-401.43	935.57	2.4	-3460.988	381.417	554.15	551.92	Melimpas
0.91	2680.73	1.392	3731.12	3329.70	2.4	6433.764	2972.775	356.92	354.70	Melimpas
0.17	-2680.73	0.278	-746.22	2984.90	2.4	-6433.764	0.000	2984.90	2982.67	Melimpas
0.15	-70.34	0.278	-19.58	-765.81	2.4	-168.815	-6602.578	5836.77	5834.55	Melimpas
0.11	-158.92	0.278	-44.24	-63.82	2.4	-381.417	-550.231	486.41	484.19	Melimpas
1.43	4761.22	2.227	10602.88	10558.64	2.4	11426.921	11045.504	-486.86	-489.09	Tidak melimpas

Sumber: Perhitungan (2019)

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan 2 pompa air dengan kapasitas 2,4 m³/detik di dapat volume tampungan = 2,227 m³ sedangkan didapat hasil volume yang dikendalikan = 486,86 m³, maka dapat disimpulkan bahwa pompa mengatasi genangan yang terjadi di wilayah Jl. Coklat.

Perencanaan Pemasangan Pintu Air

Direncanakan Pintu air dengan lebar = 0,6 m dengan tinggi 1 m sebanyak 1 unit, cara pengoperasian pintu yaitu ditutup ketika curah hujan tinggi dan elevasi di saluran sungai kalimas mulai naik dan dibuka ketika elevasi air sudah mulai turun.

Dimensi Pintu angkat:

$$Q = u \cdot b \sqrt{2 \cdot g \cdot Az} \quad (29)$$

Q = Debit yang keluar bila pintu di buka

u = Koef kontraksi = 0,80

L = Lebar pintu yang direncanakan

z = tinggi elevasi muka air saluran

g = Gravitasi

Penyelesaian:

$$Q = u \cdot b \sqrt{2 \cdot g \cdot Az}$$

$$2,227 = 0,8 \cdot 0,6 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1}$$

a = 0,95 m di bulatkan menjadi 1 m atau di sebut pintu air di buka full.

Jadi pintu dibuka / di angkat dengan setinggi a = 1 m

Menentukan letak gaya tekan hidrostatik yang terjadi di pintu air.

$$A = b \cdot h = 0,6 \times 1 = 0,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Letak titik berat } G = h^* = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 1 = 0,5 \text{ m}$$

Berat Jenis air γ air = 1000 kg/m³ (ketetapan)

$$\text{Gaya tekan hidrostatistik } F = \gamma \cdot h^* \cdot A = 1000 \times 0,5 \times 0,6 = 300 \text{ kg}$$

$$\text{Letak gaya tekan } h_0 = \frac{\frac{1}{2} \gamma \cdot b \cdot h^3}{h^2 \cdot A}$$

$$h_0 = 0,85 + \frac{\frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 0,6 \cdot 1^3}{1^2 \cdot 0,6} = 0,083 \text{ m}$$

Mencari tebal plat yang di perlukan

Perhitungan untuk tebal plat di gunakan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \left[\frac{a^2}{a^2 \cdot b^2} \right] \cdot \left[\frac{b}{t} \right] \cdot q \quad (30)$$

104

a = Tegangan yang di ijinakan = 1.400 kg/cm² (ketetapan) dari plat baja
b= koefisien (diambil 0,8) dari baja
a= Lebar plat
b= Panjang plat
t= Tebal plat
q= Beban merata

Penyelesaian:

$$1400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1}{2} \cdot 0,6 \cdot \left[\frac{0,6^2}{0,6^2 + 1^2} \right] \cdot \left[\frac{1}{t} \right] \cdot 300 \text{ kg} / \text{m}$$

$$1400 \text{ kg/cm}^2 = 23,82 \text{ m} / \text{t}$$

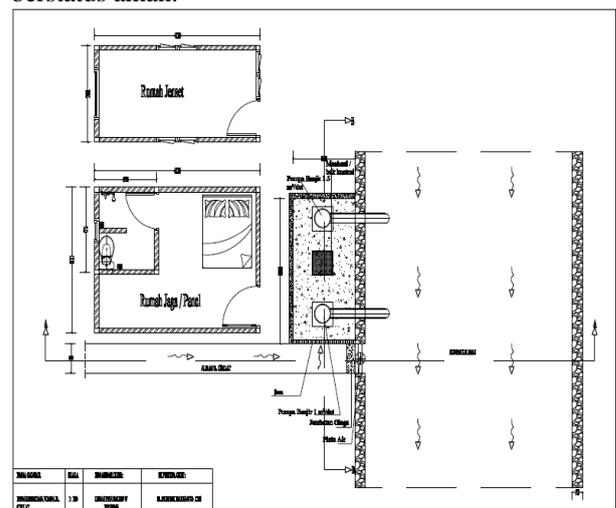
$$T = 58,76 \text{ cm} = 5,87 \text{ dibulatkan menjadi } 5 \text{ mm}$$

Pengoperasian Pompa dan Pintu

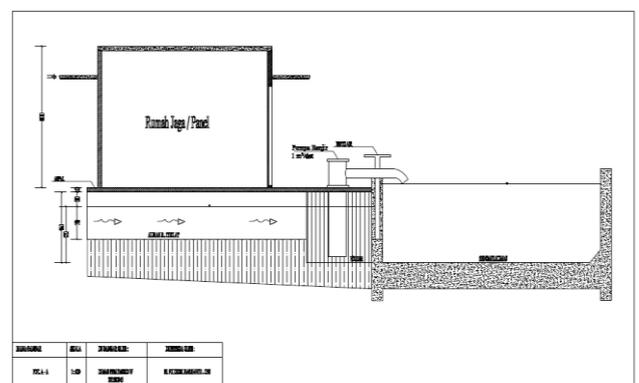
Pengoperasian pompa dan pintu berdasarkan batas yang berada di hilir saluran Jl. Coklat, ada pun gambar 21. Pengoperasian pompa dan pintu air dapat di lihat di bawah ini:

Kondisi 1 (di hulu saluran Jl. Coklat)

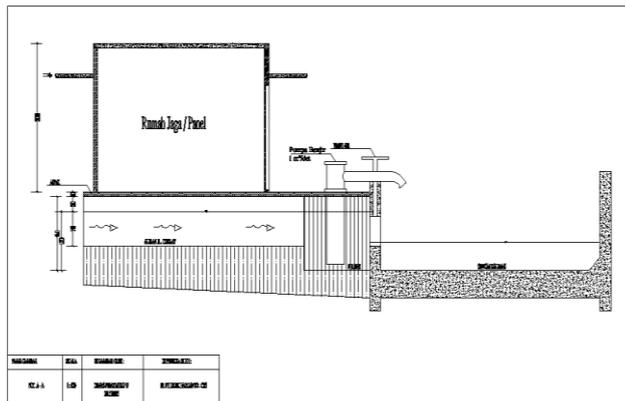
Apabila muka air hulu berada di atas permukaan saluran/ di atas jalan maka pintu atau pompa segera di hidupkan. Apabila muka air yang di sungai kalimas berada di elevasi tinggi maka pintu segera di tutup supaya tidak terjadi back water dan wilaya di sekitaran Jl. Coklat masih berstatus aman.



Gambar 14. Letak pintu air di outlite saluran Jl. Coklat.
Sumber: Perhitungan (2019)



Gambar 15. Potongan memanjang kondisi ketika elevasi di sungai kalimas naik pintu di tutup pompa di hidupkan.
Sumber: Perhitungan (2019)



Gambar 16. Potongan memanjang saluran kondisi ketika elevasi di sungai kalimas renda dan juga pintu air terbuka.
Sumber: Perhitungan (2019)

PENUTUP

Berdasarkan perhitungan didapatkan hasil debit saluran ekisting dalam *catchment* saluran Jl. Coklat di dapat debit saluran ekisting sebesar $0,849 \text{ m}^3/\text{detik}$ sedangkan debit rencana Q_{10} tahun yang terjadi di saluran Jl. Coklat yaitu sebesar $0,95 \text{ m}^3/\text{detik}$ maka saluran di Jl. Coklat tidak dapat menampung kapasitas bila terjadi curah hujan tinggi.

Dari hasil perhitungan di atas bahwa saluran dalam *catchment* Jl. Coklat kapasitas tampungnya lebih kecil dari debit rencana, maka untuk alternatifnya meredesain ulang, untuk dimensi penampang saluran yang bisa menampung debit sebesar $0,95 \text{ m}^3/\text{detik}$ perlu menggunakan box culvert dengan dimensi masing masing box culvert Lebar : 80 X Tinggi : 100 X Panjang : 120 dengan kapasitas tampung saluran debit sebesar $2,227 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Untuk pengaruh pasang surut air laut di wilayah Jl. Coklat tidak mempengaruhi, akan tetapi yang mempengaruhi terjadinya genangan ialah dimensi kecil dan curah hujan tinggi elevasi muka air di sungai kalimas meluap sehingga terjadi *back water* di wilayah Jl. Coklat, untuk meminimalisir terjadinya *back water* saat curah hujan tinggi maka perlu di pasang pintu pada outlite di saluran Jl. Coklat dengan dimensi pintu Lebar : 60 X Tinggi : 180 X Tebal : 1 sebanyak 1 unit pintu cara pengoprasian pintu yaitu ditutup ketika curah hujan tinggi dan elevasi di saluran sungai kalimas mulai naik dan dibuka ketika elevasi air sudah mulai turun. Ketika curah hujan tinggi dengan kondisi pintu tertutup untuk mengurangi debit yang di Jl. Coklat sehingga tidak terjadi banjir di wilayah tersebut perlu di gunakan bantuan pompa dengan kapasitas debit sebesar $2,5 \text{ m}^3/\text{detik}$

Penyebab utama terjadinya genangan di wilayah Jl. Coklat dan sekitarnya adalah curah hujan tinggi, demensi kecil, dan sebagian ada yang saluran rusak yang mengakibatkan sampah masuk dan tersumbat di saluran di beberapa titik, sedimennya tinggi berakibat daya tampung di saluran kurang maksimal.

Untuk menangani saluran yang terjadi di wilayah Jl. Coklat perlu meredesain ulang dengan menggunakan box culvert.

Perlu melakukan sosialisasi terhadap warga supaya merawat saluran agar tidak terjadi penumpukan sedimen dan penyumbatan sampah.

Untuk mengatasi jika terjadi *back water* perlu di pasang pintu air sehingga meminimalisir terjadinya *back water* dan di perlukan juga pemasangan pompa supaya mengurangi terjadinya genangan meskipun elevasi muka air di sungai kalimas tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Armita tri Rahayu. 2017. Evaluasi Sistem Drainase Kenjeran Kota Surabaya.
- Edy Sumirman. 2016. Studi Evaluasi Sistem Saluran Sekunder Drainase Tambaksari Kota Surabaya.
- Ir. FX Didik Harijanto., CES. Drainase Perkotaan Bahan Ajar.
- Mursitaningsih. 2009. Analisis Kinerja Saluran Drainase Di daerah Tangkapan Air Hujan Sepanjang Kali Pepe Kota Surakarta.
- Rianti Dwi Putri. Evaluasi Sistem Drainase Daerah Muara Boezem Utara Morokrengan Surabaya.
- Riman.2011.Evaluasi Sistem Drainase Perkotaan di Kawasan Kota Metropolitan Surabaya.Universitas Widyagama Malang: Malang.
- Satria Yoga & reszha. 2017. Evaluasi Drainase dan Penanganan Genangan Perumahan Dharmahusada Indah Utara.
- Suripin.2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.
- Wahyudi, S. Imam. 2007. Tingkat Pengaruh Elevasi Pasang Laut terhadap Banjir dan Rob di Kawasan Kaligawe Semarang. Riptek, Vol.1 No.1, November 2007, Hal:27-34.