

STUDI EVALUASI SISTEM JARINGAN DRAINASE TERHADAP PERMASALAHAN GENANGAN DI KECAMATAN SAMPANG, MADURA

Arif Setiawan

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: arifstwn93@gmail.com

Prof. Dr. Drs. Ir. H. Kusnan, S.E.,M.T.,M.M.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: kusnan@unesa.ac.id

ABSTRAK

Banjir merupakan masalah yang mengancam bagi kota-kota besar karena dapat menghambat pertumbuhan ekonomi. Persoalan banjir seolah sudah menjadi tradisi tahunan yang wajib dirasakan apabila musim penghujan tiba. Penyebab terjadinya bencana banjir salah satunya dikarenakan kapasitas penampang sungai berkurang dan peningkatan debit sungai, dimana pada saat-saat cuaca ekstrem hujan yang terjadi sangatlah lebat sehingga air yang jatuh ke permukaan melebihi kapasitas yang ada sehingga saluran-saluran yang ada meluap tidak dapat menampung debit hujan yang datang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah genangan pada kawasan tersebut perlu dilakukan evaluasi berupa perhitungan kapasitas dimensi saluran drainase yang menjadi salah satu penyebab meluapnya saluran primer, sekunder yang ada di kecamatan Sampang, Madura.

Hasil yang diperoleh dari analisa perhitungan data curah hujan maksimal yang terjadi di DAS Kamuning adalah 126,33 mm. Nilai tersebut didapat dari data 3 pos hujan yakni pos hujan Sampang, pos hujan Torjun, dan pos hujan Camplong. Nilai curah hujan tersebutlah yang menyebabkan banjir besar di Kab. Sampang Madura pada bulan Februari 2016 yang menyebabkan genangan air setinggi 30 - 150 cm dari 13 kelurahan/desa yang terkena dampak dari banjir tersebut. Debit yang direncanakan untuk sistem saluran drainase pada DAS Sungai Kamuning untuk Kala Ulang 2 Tahun adalah 77,728 m³/dt, untuk Kala Ulang 5 Tahun adalah 107,048 m³/dt, untuk Kala Ulang 10 Tahun adalah 126,460 m³/dt, untuk Kala Ulang 50 Tahun adalah 169,183 m³/dt, dan untuk Kala Ulang 100 Tahun adalah 187,245 m³/dt. Dari analisa perhitungan kemudian direncanakan normalisasi saluran dengan merencanakan kapasitas tampung saluran drainase pada banjir terparah pada saluran GS.17 (R) dan GS.2 (R) dengan debit limpasa (Qr) sebesar 0,360 m³/dt dan 1,620 m³/dt, dengan kapasitas eksisting awal (Qs) sebesar 0,238 m³/dt dan 0,220 m³/dt dengan saluran yang sama sehingga harus dilakukan evaluasi perubahan dimensi untuk daya tampungnya sehingga didapat kapasitas (Qs) sebesar 0,409 m³/dt dan 1,824 m³/dt.

Kata Kunci : banjir, drainase, debit, kapasitas tampung, normalisasi

ABSTRACT

Flooding is a threatening issue for big cities because it can hamper economic growth. The problem of flooding seems to have become an annual tradition that must be felt when the rainy season arrives. The cause of the flood disaster is one of them because of the reduced river crossing capacity and the increase of river flow, which in times of extreme rainy weather that occurs so dense that the water that fell to the surface exceeds the existing capacity so that the existing channels overflow can not accommodate the discharge rain coming.

This study aims to overcome the problem of inundation in the area need to be evaluated in the form of capacity calculation of drainage channel dimension which became one of the causes of overflow of primary, secondary channel of The District Sampang, Madura.

Results obtained from the analysis of the calculation of the maximum rainfall data that occurred at DAS Kamuning is 126,33 mm. The value is obtained from the data of 3 rain post which is a rain post Sampang, rain post Torjun, and rain post Camplong. The value of rainfall is the cause of the great flood in District Sampang Madura at February 2016 which causes a 30 – 150 cm high water puddle from 13 villages affected by the flood. The planned discharge for the drainage system in the Kamuning River Basin for the 2nd Birthday is 77,728 m³/dt, for the 5-year Birthday is 107,048 m³/dt, for the 10-year Birthday is 126,460 m³/dt, for the 50-year Birthday is 169,183 m³/dt, and for the 100-year Birthday is 187,245 m³/dt. From the calculation analysis, it is planned to normalize the channel by plotting the capacity of drainage channel in the worst flood on GS.17 (R) and GS.2 (R) channels with limpasa discharge (Qr) of 0,360 m³/dt dan 1,620 m³/dt, with the existing initial capacity (Qs) of 0,238 m³/dt and 0,220 m³/dt with the same channel so that evaluation of dimension changes must be made to obtain capacity (Qs) of 0,409 m³/dt and 1,824 m³/dt.

Keyword : flood, drainage, discharge, retarding basin, normalization

PENDAHULUAN

Banjir merupakan masalah yang mengancam bagi kota-kota besar karena dapat menghambat pertumbuhan ekonomi di wilayah tersebut. Persoalan banjir seolah sudah menjadi tradisi tahunan yang wajib dirasakan apabila musim penghujan tiba. Penyebab terjadinya bencana banjir salah satunya di karenakan kapasitas penampang sungai berkurang dan peningkatan debit sungai, dimana pada saat-saat cuaca ekstrem hujan yang terjadi sangatlah lebat sehingga air yang jatuh ke permukaan melebihi kapasitas yang ada sehingga saluran-saluran yang ada meluap tidak dapat menampung debit hujan yang datang.

Pengertian Drainase

Drainase berasal dari kata drain dan age dimana arti kata tersebut berarti mengalirkan atau mengeringkan air yang berarti dimana ada air di permukaan air tersebut harus di alirkan supaya tidak menggenang dan mengakibatkan banjir. Untuk itu dibuatkanlah suatu sitem jaringan yang biasa kita sebut sebagai Drainase yang bertujuan untuk mengatasi masalah genangan pada permukaan tanah dan berada di bawah tanah (Wesli, 2008)..

Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah bidang pengetahuan yang mempelajari kejadian-kejadian serta penyebab air alamiah di bumi. Faktor hidrologi yang berpengaruh pada wilayah hulu adalah curah hujan (presipitasi). Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya.

1. Analisa Curah Hujan

Data hujan yang diperoleh dari alat penakaran hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (point rainfall).Mengingat hujan sangat bervariasi terdapat tempat (space), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakaran hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut.

2. Debit Rencana

Saluran drainase yang ada di perjotaan dapat di hitung menggunakan perhitungan debit rencana dengan metode rumus rasional ataupun rumus hidrograf satuan. (Suripin, 2004:240)

Tabel 2.1 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode ulang (tahun)	Metode perhitungan debit banjir
<10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional
101-500	5-20	Rasional
>500	10-25	Hidrograf Satuan

3. Periode Ulang dan Analisis Frekuensi

Periode ulang adalah waktu perkiraan di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Besarnya debit rencana untuk fasilitas drainase tergantung pada interval kejadian atau periode ulang yang dipakai. (Silitinga,Marlina, 2013:31)

a. Distribusi Pearson tipe III

Distribusi *Pearson tipe III* digunakan untuk menghitung jumlah tinggi curah hujan pada suatu daerah. Berikut adalah perhitungan curah hujan Distribusi *Pearson tipe III* sebagai berikut:

1) Menghitung data curah hujan

$$X_r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

dengan :

X_r = nilai rata-rata curah hujan harian.

n = jumlah data

2) Hitung simpangan baku:

$$S_{dev} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

dengan :

S_{dev} = nilai nilai simpangan baku curah hujan harian.

n = jumlah data

3) Hitung variasi (C_v) dengan rumus sebagai berikut:

$$C_v = \frac{S_{dev}}{X_r}$$

C_v = nilai koefisien variasi.

X_r = nilai rata-rata curah hujan harian.

S_{dev} = nilai nilai simpangan baku curah hujan harian.

b. Distribusi Log-Pearson tipe III

Distribusi Log-Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstem.

1) Menghitung data curah hujandalam bentuk logaritmis,

$$X = \log X$$

2) Hitung harga rata-rata curah hujan:

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x}{n}$$

$\overline{\log X}$ = nilai rata-rata curah hujan harian dalam bentuk logaritma.

n = jumlah data

3) Hitung harga simpangan baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x - \overline{\log x})^2}{(n-1)}}$$

4) Hitung koefisien kepengcengan (Cs) dengan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x - \overline{\log X})^2}{(n-1)(n-2)S_x^2}$$

5) Hitung logaritma curah hujan dengan periode ulang T dengan Rumus sebagai berikut :

$$\log R_T = \overline{\log X} + K.S_x$$

Dimana K adalah variable standart (standardized variable) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G.

Analisa Hidrolika

Hidrologi merupakan ilmu perhitungan untuk sistem pengaliran maupun jaringan drainase perkotaan. Ilmu hidrologi dibagi menjadi 2 jenis yakni sistem pengaliran saluran tertutup (pipe flow) dan sistem pengaliran msaluran terbuka (open channel flow). (Wesli, 2008).

1. Perhitungan Debit Saluran

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

dimana :

Q = debit (m³/detik)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan untuk periode ulang tertentu

A= area yang akan drain (km²)

2. Koefisien Pengaliran (C)

$$C_{gab} = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A}$$

dimana :

C_i

= Koefisien pengaliran untuk bagian daerah yang ditinjau dengan satu jenis permukaan

A_i= Luas bagian daerah

3. Perhitungan Intensitas Hujan

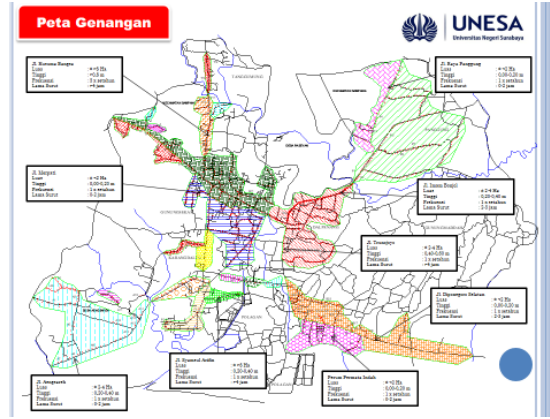
$$I_i = \frac{R_t}{t}$$

METODE

Metode penelitian adalah tata cara ataupun bentuk sebelum seseorang tersebut melakukan riset atau penelitian. Metode penelitian ini didasarkan pada ciri – ciri keilmuan yang empiris, rasional, dan sistematis.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini mencakup wilayah kecamatan Sampang. Penelitian ini ditinjau dari DAS Kamuning dari sistem aliran drainase Sampang.

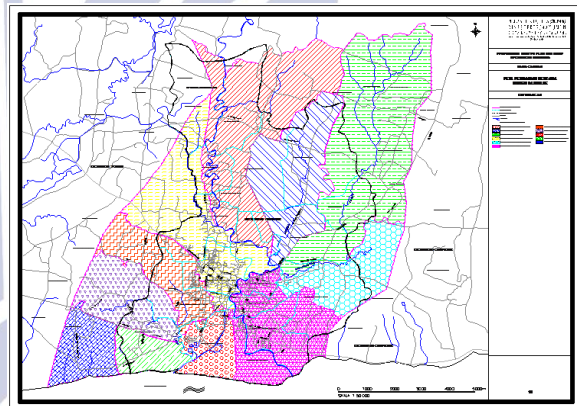


Gambar 3.3 Peta Wilayah Genangan Banjir

Obyek Penelitian

1. Batasan Wilayah DAS Penelittian

Obyek Penelitian ini adalah pada kecamatan Sampang di wilayah terdapat pada kawasan daerah tangkapan air hujan DAS Kamuning pada Sub Das Sistem Drainase Sungai Kamuning Tengah yang sesuai pada gambar skema.



Gambar 3.4 Peta DAS Kamuning

2. Batasan Penelittian

Penelitian ini di lakukan berdasarkan batasan-batasan tertentu untuk memfokuskan pada permasalahan yang akan dikaji agar pembahasan dari penelitian ini tidak keluar dari tujuan awal penelitian. Berikut adalah batasan dari penelitian ini :

a. Penelitian dilakukan di wilayah Sub Das Sistem

Drainase S. Kamuning Tengah karena wilayah Sub Das yang terkena dampak banjir paling parah.

b. Penelitian difokuskan pada genangan terparah pada wilayah sepanjang Jl. Kusuma Bangsa yang merupakan wilayah yang paling parah untuk tinggi genangannya.

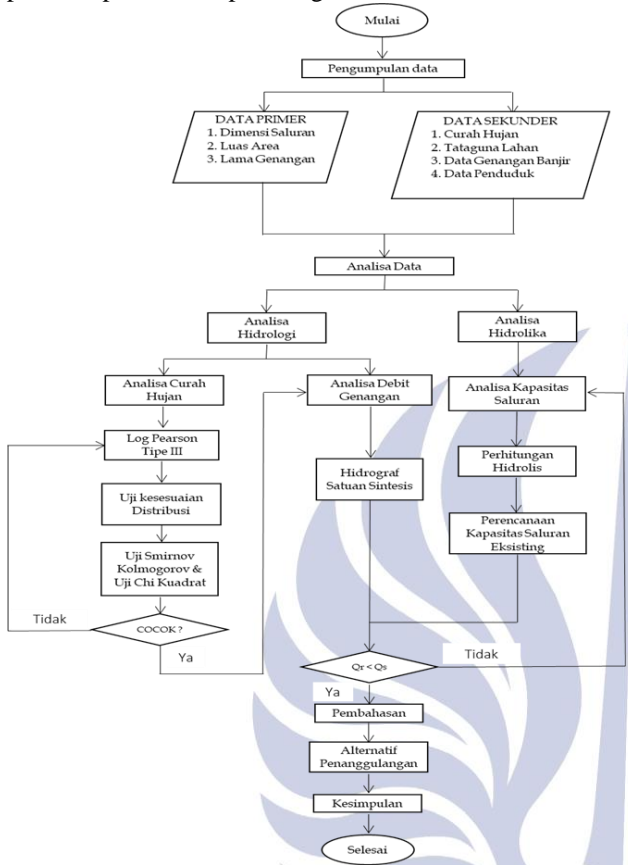
Langkah-langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara bertahap dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mencari Data atau Informasi
2. Observasi Lapangan
3. Metode Analisa dan Mengolah Data
4. Penyusunan Laporan

Metode Penelitian dan Pengolahan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif . Pendekatan Metode untuk setiap proses diperlihatkan pada bagan alir berikut:



Gambar 3.5 Diagram Alir Analisa Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

Analisa Hidrologi digunakan untuk perhitungan curah hujan yang terjadi di daerah kajian tersebut, dimana curah hujan yang jatuh pada setiap daerahnya berbeda-beda data curah hujan tertinggi dapat mewakili kondisi di wilayah tersebut. Peta Pos Hujan Kab. Sampang

Metode Rata-rata Aljabar

Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penangkar hujan pada tiap-tiap pos memiliki pengaruh yang setara. Berikut perhitungan curah hujan untuk wilayah Kecamatan Sampang dengan mengambil Pos Sampang, Pos Torjun, dan Pos Camplong :

Tabel 4.3 Data Perhitungan Metode Aljabar

CURAH HUJAN (Sampang, Torjun, Camplong)			CURAH HUJAN (Sampang, Torjun, Camplong)		
NO	TAHUN	TINGGI HUJAN	NO	TAHUN	TINGGI HUJAN
		Rata" X (mm)			Rata" X (mm)
1	2007	85	1	2008	126,33
2	2008	126,33	2	2011	122,33
3	2009	69,33	3	2007	85,33
4	2010	73,33	4	2013	75
5	2011	122,33	5	2010	73,33
6	2012	65,00	6	2009	69,33
7	2013	75	7	2014	66,33
8	2014	66,33	8	2012	65
9	2015	58,67	9	2016	59,67
10	2016	59,67	10	2015	58,67
jumlah			801,33		
Curah hujan maksimum			126,33		
Curah hujan minimum			58,67		
Curah hujan rata2 (Xr)			80,13		
Jumlah data (N)			10		

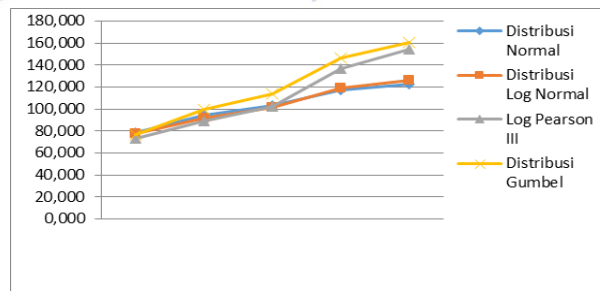
Jadi nilai curah hujan rata-rata dengan menggunakan Metode Rata-rata Aljabar pada wilayah kawasan Kecamatan sampang adalah 80,13 mm.

Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Pada sistem hidrologi terkadang curah hujan dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa ekstrim. Berikut hasil perbandingan antara Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson Tipe III, dan Distribusi Gumbel :

Tabel 4.13 Perbandingan Perhitungan Curah Hujan Rencana antara Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson Tipe III, dan Distribusi Gumbel

Periode Ulang Tahunan	Distribusi			
	Normal	Log Normal	Log Pearson Type III	Gumbel
2	80,133	77,273	73,440	77,728
5	100,767	97,241	94,409	107,048
10	111,576	109,683	111,499	126,460
50	130,490	135,408	157,459	169,183
100	137,369	146,191	181,059	187,245



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Perhitungan Curah Hujan Rencana antara Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson Tipe III, dan Distribusi Gumbel

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Uji Kesesuaian atau biasa disebut Uji Kecocokan adalah Distribusi frekuensi dengan sampel data terhadap fungsi distribusi peluang. Ada 2 macam parameter pengujian yang dipakai yakni Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov. Berikut proses pengujiannya :

1. Uji Chi-Kuadrat

- a. Menentukan Parameter Xh^2

Parameter Xh^2 adalah variabel acak dimana nilai Xh^2 Chi-Kuadrat yang terhitung dan sebagai pembanding dari Chi-Kuadrat yang sebenarnya (X^2).

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$= 1,00$$

- b. Menentukan Parameter X^2

Parameter X^2 adalah nilai parameter Chi-Kuadrat yang sebenarnya sehingga hasil inilah sebagai pembanding dari Xh^2 .

-Derajat kebebasan (dk)

$$dk = G - 2 - 1$$

$$= 4 - 2 - 1 = 1$$

- c. Untuk nilai X^2 dilihat dari tabel Derajat kepercayaan (α) adalah 3,841 dari baris dk=1 dan kolom (α)=0,05

- d. Menentukan Interpretasi Hasil Uji nilai haruslah $Xh^2 < X^2$ agar persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima. Berikut hasil Uji :

$$Xh^2 = 1,00$$

$$X^2 = 3,841$$

Sehingga, $1,00 < 3,841 \rightarrow$ DITERIMA!

Jadi dari hasil perhitungan Parameter Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Gumbel yang digunakan dapat diterima karena nilai $Xh^2 < X^2$.

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

- a. Menentukan nilai (D) max
Niali (D) max adalah nilai selisih maksimum atau terbesar diantara data yang ada. Jadi untuk nilai (D) maksimum yang didapat adalah 0,255 dimana nilai tersebut ada pada data hujan tahun 2007.

- b. Menentukan nilai (D_o)
Nilai (D_o) didapat dari nilai tabel derajat kepercayaan (α) diaman derajat yang dipakai yakni Dk adalah 5% dan untuk jumlah data (n) adalah 10 sehingga (D_o) yang didapat adalah 0,41.

Jadi berdasarkan tabel nilai kritis Uji Smirnov-Kolmogorov dapat ditentukan nilai $D_{max} = 0,255$ dan $D_o = 0,41$, dengan begitu dapat ditentukan bahwa $D_{max} < D_o$. Jadi dapat disimpulkan bahwa Uji

Smirnov-Kolmogorov dengan menggunakan Distribusi Gumbel dengan syarat yang ada hasilnya dapat diterima.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Hasil Uji Kesesuaian

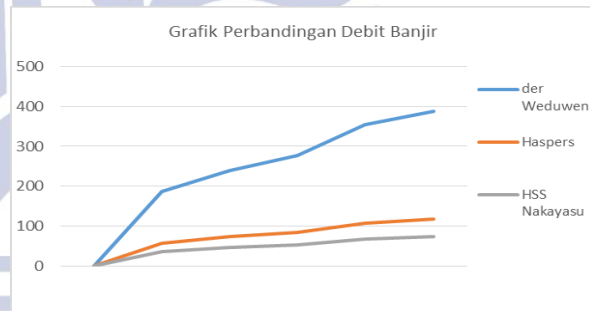
Uji Kecocokan							
Chi - Kuadrat				Smirnov - Kolmogorov			
Xh^2	Nilai	X^2	Ket	D_{max}	Nilai	D_o	Ket
1,00	<	3,841	ok	0,255	<	0,41	ok

Analisis Debit Banjir Rencana

Hasil rekapitulasi perhitungan debit banjir dari ketiga metode analisis debit banjir rencana dapat dibandingkan manakah hasil yang paling maksimal. Berikut hasil perbandingan antara metode Haspers, Metode der Weduwen dan Metode HSS Nakayasu :

Tabel 4.28 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir dengan Berbagai Periode Ulang

Periode Ulang (tahunan)	Metode		
	der Weduwen	Haspers	HSS Nakayasu
2	187,742	57,216	36,049
5	258,560	78,799	49,647
10	305,447	93,089	58,650
50	408,640	124,538	78,465
100	452,265	137,833	86,842



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Perhitungan Debit Banjir dengan Berbagai Periode Ulang

Kecamatan Sampang, Madura untuk kala tahunan (2, 5, 10, 50, 100 tahun) dengan menggunakan metode Haspers, Metode der Weduwen dan Metode HSS Nakayasu, maka didapat nilai besar adalah Metode der Weduwen sehingga hasil yang dipilih adalah dari perhitungan Metode der Weduwen.

Analisa Hidrolika

Analisa Hidrolika digunakan untuk memperhitungkan aliran air yang ada pada curah hujan di lapangan dengan membuat atau merencanakan sistem jaringan drainase yang ada. Tinjauan hidrolika dimaksudkan untuk melakukan evaluasi kapasitas tampungan saluran dengan debit banjir periode tertentu.

Tabel 4.31 Analisis Cek Debit Kapasitas Saluran

Cek Kapasitas Saluran					
Jenis Saluran	Nama Saluran	Q _r	Nilai	Q _s	Ket
Tersier	TM. 10 (R)	0,884	<	1,002	OK !
Sekunder	TM. 2 (R)	1,721	<	1,797	OK !
Primer	TM. 4 (R)	0,114	<	0,567	OK !

Jadi untuk Cek kapasitas debit antara debit limpasan saluran (Q_r) dengan debit kapasitas saluran (Q_s) cukup memenuhi karena debit kapasitas saluran (Q_s) lebih besar dari pada (Q_r) atau ($Q_r < (Q_s)$) sehingga penampang saluran dapat memenuhi.

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil penelitian mendapatkan simpulan sebagai berikut.

1. Curah hujan maksimal yang terjadi di DAS Kamuning khususnya pada daerah genangan di Kecamatan Sampang, Madura adalah 126,33 mm. Nilai tersebut didapat dari data 3 pos hujan yakni pos hujan Sampang, pos hujan Torjun, dan pos hujan Camplong.
2. Debit banjir yang direncanakan untuk sistem saluran drainase pada DAS Sungai Kamuning di wilayah Kecamatan Sampang Madura untuk Kala Ulang 2 Tahun adalah 77,728 m³/dt, untuk Kala Ulang 5 Tahun adalah 107,048 m³/dt, untuk Kala Ulang 10 Tahun adalah 126,460 m³/dt, untuk Kala Ulang 50 Tahun adalah 169,183 m³/dt, dan untuk Kala Ulang 100 Tahun adalah 187,245 m³/dt.
3. Alternatif penyelesaian dalam mengatasi banjir di kawasan Kecamatan Sampang, Madura adalah dengan merubah dimensi saluran eksisting yang ada dimana kondisi saluran eksisting sebelumnya tidak dapat untuk menampung debit air saat hujan sehingga solusi yang diberikan pada penelitian ini adalah mengevaluasi saluran dan merencanakan dimensi saluran sehingga dapat memenuhi saat puncak hujan terjadi.
4. Untuk nilai titik kontur pada genangan puncak terjadi di kawasan Kecamatan Sampang dengan lokasi Jl. Kusuma Bangsa pada saluran GS.17 (R) dan GS.2 (R) yang membentang di Jl. Kusuma Bangsa kontur tanah daerah tersebut cenderung rendah dimana pada jalan masuk menuju Jl. Kusuma Bangsa rendah sekitar 6-9 meter di atas permukaan air laut akan tetapi pada bentangan tengah Jl. Kusuma Bangsa naik sampai pada akhir jalan terdapat Sungai Karongan tinggi topografi cenderung turun. Untuk detailnya dapat dilihat pada Peta Rupabumi Digital Indonesia dan Peta Topografi untuk wilayah Sampang, Madura.

Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian ini dapat disarankan :

1. Untuk mengurangi terjadinya genangan banjir yang terjadi pada wilayah DAS Kamuning khususnya Kecamatan Sampang, Madura salah satunya selain evaluasi perencanaan ulang dimensi saluran juga dapat ditambahkannya bangunan pompa air di tiap-tiap titik hujan dengan durasi dan frekuensi yang paling tinggi di wilayah tersebut sehingga jika memang dimensi saluran yang ada sudah cukup dirubah dan direncana ulang kembali secara maksimal akan tetapi masih terjadi banjir, dengan rumah pompa yang ada nanti dapat mengurangi beban debit air yang mengalir pada saluran yang kritis sehingga tidak sampai terjadi luapan air banjir.
2. Perlunya peran masyarakat dalam partisipasi untuk menjaga lingkungan sekitar dengan menjaga kebersihan lingkungan saluran dan sekitarnya agar saluran yang ada tidak tersumbat dan dapat mengalir dengan lancar agar tidak terjadi banjir besar tiap tahunnya.
3. Dalam penelitian ini tidak menghitung perencanaan bilamana jika dibangun bangunan pompa air, long storage, ataupun bangunan-bangunan air lainnya yang kemungkinan akan lebih signifikan dalam mengatasi luapan saluran yang tidak dapat menampung debit hujan. Oleh karena itu dapat dilakukan penelitian yang lebih detail oleh peneliti selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Silitonga, Marlina. 2013. “Analisa Debit Banjir Sungai Indragiri di Desa Pasir Kemilu Rengat, Kabupaten Indragiri Hulu, Sumatera Utara”: Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara

Suripin, 2004. Sistem Drainase Kota Yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Wesli, 2008. Drainase Perkotaan. Yogyakarta: Graha Ilmu.