

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH
TEKNIK SIPIL

VOLUME:
01

NOMER:
01

HALAMAN:
33 - 41

SURABAYA
2016

ISSN:
2252-5009

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA.

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

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

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
6. Dr.Erina,S.T,M.T.
7. Drs.Suparno,M.T
8. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
9. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
4. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol 1 Nomer 1/rekat/16 (2016)	
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH GAS ASETILEN PENGGANTI FLY ASH TERHADAP KUALITAS GENTENG BETON SESUAI SNI 0096:2007	
<i>Ian Syahrial Hidayat Has, Suprpto,.....</i>	01 - 06
MANAJEMEN RESIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN VENETIAN GRAND SUNGKONO LAGOON DI SURABAYA	
<i>Septiana Posmarito, Karyoto,.....</i>	07 - 14
KUALIFIKASI PENGETAHUAN DAN KETERAMPILAN TUKANG PASANG BATU NON-SERTIFIKASI BERDASARKAN SKKNI PADA PROYEK PERUMAHAN SESDERHANA DI WILAYAH SIDOARJO	
<i>Satria Herdananda, Didiek Purwadi,.....</i>	15 - 23
ANALISIS PENYEBAB KERUNTUHAN TEBING SUNGAI JAGIR WONOKROMO RIVER IMPROVEMENT SURABAYA	
<i>Dwi Ratih Wesesa, Djoni Irianto,.....</i>	24 – 32
ANALISA PENANGGULANGAN BANJIR PADA SISTEM DRAINASE DAS SIDOKARE KABUPATEN SIDOARJO DENGAN MENGGUNAKAN HEC-RAS	
<i>Rossi Eka Mayasari, Djoni Irianto,.....</i>	33 - 41

UNESA
Universitas Negeri Surabaya

**ANALISA PENANGGULANGAN BANJIR PADA SISTEM DRAINASE
DAS SIDOKARE KABUPATEN SIDOARJO
DENGAN MENGGUNAKAN HEC-RAS
Rossi Eka Mayasari, Djoni Irianto.**

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: rossieka03@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Sidoarjo merupakan kabupaten yang awalnya merupakan daerah irigasi yang kemudian oleh pemerintah diubah menjadi daerah perkotaan. Hal ini menjadikan daerah perkotaan Kabupaten Sidoarjo kerap mengalami banjir atau genangan tiap tahunnya, baik banjir atau genangan yang disebabkan oleh saluran drainase yang kurang layak atau banjir yang disebabkan meluapnya saluran primer Avour Sidokare yang biasa disebut sungai sidokare setiap terjadi hujan dan pasang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui volume sedimen yang menjadi salah satu penyebab meluapnya saluran primer avour Sidokare, menghitung debit rancangan drainase eksisting, mengevaluasi saluran eksisting, dan merencanakan kapasitas tampung sementara sehingga mampu menangani permasalahan banjir atau genangan yang terjadi pada daerah Sistem Drainase DAS Sidokare kabupaten Sidoarjo.

Hasil yang diperoleh dari analisa perhitungan data yang diperoleh dari berbagai sumber, selisih debit rancangan eksisting terbesar dengan kala ulang 10 tahun yaitu 35,95 m³/dtk pada saluran primer Sidokare (Sungai Sidokare) R15 sehingga mengalami genangan. Setelah dievaluasi sekitar 56 % saluran drainase eksisting tidak mencukupi untuk menampung debit rancangan drainase eksisting. Volume sedimen terbesar yang menjadi penyebab terganggunya kapasitas tampung saluran primer avour Sidokare yaitu sebesar 0,00002264 m³/dtk. Dari analisa perhitungan kemudian direncanakan normalisasi saluran dengan merencanakan kapasitas tampung saluran drainase terbesar yaitu 155,18 m³/dtk pada saluran primer Sidokare R15 dari 14 saluran primer avour Sidokare dengan perubahan dimensi saluran. Pada penelitian ini menggunakan program bantu aplikasi HEC-RAS yang akan mempermudah dalam proses analisisnya. Dari hasil analisis melalui HEC_RAS diperoleh kapasitas tampung rata-rata seluruhnya sungai Sidokare dari patok S 0 sampai dengan S 74 yang terdiri dari 87 Cross Section yaitu sebesar 49,04 m³/dtk.

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

ABSTRACT

The District of Sidoarjo are district that constitute an irrigation areas which transformed to drainage areas by government. This make that the urban areas of The District Sidoarjo prone to flooding, and flooding caused by the drainage channel didn't good enough or flooding caused by overflowing the main channel avour Sidokare that usually called Sidokare river during rain and tides.

This Study is carried to calculate sediment volume that became one causes of overflowing main channel avour Sidokare, calculate discharge existing drainage channel design, evaluate existing drainage channels and to design the capacity of retarding basin to solve the flood problem that happened in drainage system areas DAS Sidokare of The District Sidoarjo.

The Result obtained from the analysis that obtainable by many source , the most high discharge is 35,95 m³/s from the main channel Sidokare (river Sidokare)R15. Approximately 56% of the existing drainage channel is not sufficient to application. The most high Sediment volume that be causes capacity of retarding basin the main channel avour Sidokare is 0,00002264 m³/s. From the analysis calculation then planned normalization channel and planning high capacity of retarding basin drainage channel is 155,18 m³/s in main Channel of Sidokare R15with transforming channel dimension. This study using HEC-RAS application for helping analysis process. From the analysis get all of the capacity of retarding basin from S0 to S74 are 1476,13 m³/s.

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

I. PENDAHULUAN

Permasalahan rutin ketika musim hujan datang yaitu timbulnya genangan atau banjir di beberapa titik atau tempat khususnya daerah perkotaan. Banjir atau genangan sendiri bisa terjadi dikarenakan sistem yang berfungsi untuk menampung genangan itu tidak mampu menampung debit yang mengalir sehingga air yang tertampung meluber dan terjadinya banjir. Kasus-kasus banjir yang kerap terjadi di daerah perkotaan perlu ditelaah lebih lanjut lagi. Karena sampai saat ini permasalahan banjir di Indonesia masih belum menemukan titik pencerahan yang pasti untuk menanggulangnya. Bisa dipastikan setiap tahunnya wilayah perkotaan akan mengalami genangan yang cukup parah apalagi jika perkotaan tersebut mempunyai penduduk yang padat.

Pada musim penghujan hampir setiap tahun terjadi genangan atau banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sidokare Kabupaten Sidoarjo. Wilayah yang sering tergenang diantaranya Kelurahan Sidokare, kelurahan Pucanganom, dan desa Sepande. Adanya genangan atau banjir ini tentunya akan meresahkan warga sekitar yang terkena dampaknya. Kabupaten Sidoarjo sendiri terbagi menjadi beberapa DAS diantaranya DAS Pucang, DAS Kemambang, dan DAS Sekardangan. Untuk mengatasi permasalahan banjir di daerah Sidoarjo PT. Candi Kencana Sabdawisesa merencanakan melalui proyek "Penyusunan Master Plan dan DED Sistem Drainase Kabupaten Sidoarjo" pada tahun 2014 guna menemukan beberapa alternatif penanggulangan permasalahan banjir tersebut. Dikarenakan pernah menjalin kerja sama dengan PT. Candi Kencana Sabdawisesa untuk melaksanakan PI/PKL 1 untuk itu peneliti mengambil penelitian di lokasi Sidokare.

Pada kondisi lapangan penyebab kerap terjadinya genangan di wilayah DAS Sidokare dikarenakan banyaknya saluran yang tidak difungsikan secara optimal, bangunan yang dibangun di atas saluran sehingga saluran tertutup dan mati, kurangnya kesadaran masyarakat akan menjaga lingkungannya terlihat dari banyaknya sampah yang tersaring atau tersangkut pada pintu-pintu air sepanjang saluran *Avoer* Sidokare. Sedimen atau endapan yang diakibatkan aktivitas industri juga mempengaruhi penyebab terjadinya banjir di wilayah DAS Sidokare ini. Untuk itu penelitian ini dimaksudkan untuk memunculkan alternatif penanggulangan banjir terjadi di DAS Sidokare dengan kondisi genangan terparah. Karena pada daerah saluran *Avoer* Sidokare atau sungai Sidokare memiliki timbunan sedimen hingga mencapai 100 cm dan itu sangat berpotensi menyebabkan debit yang ditampung oleh sungai Sidokare tidak mencukupi atau meluber ke pemukiman warga. Daerah yang paling besar terkena

dampaknya yaitu Desa Sepande genangan yang terjadi mencapai 50 cm dengan lama genangan lebih dari delapan jam bahkan hingga satu hari penuh. Karena sedimen mempunyai pengaruh yang besar untuk itu perlu mempertimbangkan bagaimana memperlakukan sedimentasi yang terjadi agar dapat menanggulangi banjir.

Analisa kapasitas sungai juga diperlukan untuk mengatasi permasalahan banjir, dengan menggunakan program bantu aplikasi *HEC-RAS* akan mempermudah menganalisis kapasitas sungai dan memunculkan alternative perencanaan sungai/ saluran primer pada sistem drainase Sidokare. Sebenarnya ada beberapa macam aplikasi untuk mempermudah proses pengerjaan diantaranya *ETABS* dan *HEC-RAS 4.1*. namun *ETABS* diperuntukkan hanya untuk saluran tertutup atau biasa digunakan pada saluran perpipaan sedangkan *HEC-RAS 4.1*. diperuntukkan untuk saluran terbuka seperti saluran drainase ataupun sungai yang memiliki aliran *steady flow* maupun *unsteady flow*. Oleh karena itu maka *HEC-RAS 4.1*. cocok untuk diperuntukkan sebagai program bantu untuk pengerjaan penelitian ini.

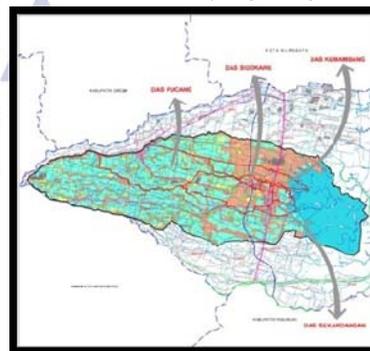
II. KAJIAN PUSTAKA

Banjir dan Penyebabnya

Hasibuan (2004) mengatakan bahwa , banjir adalah jumlah debit air yang melebihi kapasitas pengaliran air tertentu, ataupun meluapnya aliran air pada palung sungai atau saluran sehingga air melimpah dari kiri kanan tanggul sungai atau saluran.

Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai menurut Bambang (2008) juga dapat diartikan daerah yang dibatasi oleh punggung - punggung gunung /pengunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau.



Sumber : PT. Candi Kencana Sabdawisesa
Gambar 2.1. Pembagian Wilayah DAS di Kabupaten Sidoarjo

Karakteristik DAS

Karakteristik DAS meliputi daerah tangkapan hujan, ukuran DAS, bentuk DAS, *meander* sungai, kemiringan DAS, kekasaran permukaan, kerapatan jaringan sungai.

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah gerakan vertikal dan horisontal air baik dalam bentuk uap air, liquid, dan padatan antara permukaan bumi, di bawah permukaan, di atmosfer dan di lautan (Indarto, 2010:11).

Hujan

Menurut Soemarto (1995), terjadinya hujan diawali oleh suatu peristiwa penguapan air dari seluruh permukaan bumi, baik dari muka tanah, permukaan pohon-pohonan dan permukaan air.

Sistem Drainase

Menurut Maryono (2000), pada daerah perkotaan konsep drainase konvensional atau drainase ramah lingkungan sering dilakukan, dimana dalam konsep drainase konvensional seluruh air hujan yang jatuh di suatu wilayah harus secepat-cepatnya dibuang ke sungai dan seterusnya mengalir ke laut.

Sistem Pengendalian Banjir (Flood Control System)

- a. Pembuatan sudetan (*shortcut*)
- b. Pengendalian Sedimentasi
- c. Normalisasi Sungai

Disebabkan karena lapisan tanah yang tidak sama, baik tebalnya maupun macam dan jenisnya, maka sungai-sungai itu umumnya akan mengalir dengan tidak teratur (Suharmono, 1979).

$$S = \frac{Q}{C \cdot h \cdot s}$$

- Dimana :
- Q = Debit Sungai
 - C = Koefisien kekasaran
 - h = Tinggi Sungai
 - s = Kemiringan dasar sungai

Analisa Hidrologi

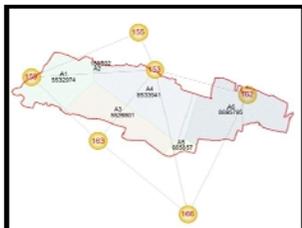
Analisa Distribusi Curah Hujan

Poligon Thiessen. Cara perhitungan Poligon Thiessen dilakukan seperti memperhitungkan luas daerah yang diwakili oleh stasiun yang bersangkutan, untuk digunakan sebagai faktor koreksi (weighing factor). Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung polygon thiessen:

$$R = W_1R_1 + W_2R_2 + W_3R_3 + \dots + W_nR_n$$

Dimana:

- R = Curah Hujan Daerah
- W = A1/Atot (Luas Catchman/Luas Total)



Gambar 2.2 Hitungan Hujan Rata-Rata dengan poligon Thiessen

Pemilihan Jenis Sebaran

Curah hujan rancangan maksimum adalah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan periode kala ulang tertentu. Pada studi ini perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode *Log Pearson Type III*, dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995:143):

$$\text{Log } x = \overline{\text{Log } X} + G \cdot S$$

dimana:

- $\log X$ = nilai logaritma curah hujan rancangan
- $\overline{\text{Log } X}$ = Nilai rata-rata curah hujan harian dalam bentuk logaritma
- S = nilai deviasi standar
- G = merupakan konstanta yang di dapatkan dari tabel *Log Pearson Type III* dari hubungan antara Cs dan periode ulang (T)

1. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji Chi Square

Pengujian ini menggunakan parameter X^2 , dengan rumus sebagai berikut.

$$X^2_{hit} = \sum_{i=1}^k \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$$

dimana :

- X^2_{hit} = parameter chi-kuadrat terhitung.
- G = jumlah sub kelompok
- O_f = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok f,
- E_f = jumlah nilai teoritis /diharapkan pada sub kelompok f.

Uji Smirnov Kolmogorov

Uji ini sering disebut uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

2. Analisa Debit Limpasan Permukaan Rasional

- a. Koefisien Aliran Permukaan

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah adalah tergantung dengan pennebaran tata lahan. Cara perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suripin, 2003 : 81) :

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dengan :

- C_m = koefisien pengaliran rata – rata
- C_i = koefisien aliran jenis penutup permukaan
- A_i = luas lahan dengan jenis penutup permukaan (Km²)
- n = banyaknya jenis penutup lahan.

- b. Intensitas Hujan

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^b$$

dengan :

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

t = lamanya hujan (jam)

c. Debit Air Hujan

Perhitungan debit air hujan pada sebuah saluran drainase pada penelitian ini menggunakan rumus umum dari metode rasional (Kamiana, 2010: 82) sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Dimana :

Q = Debit puncak limpasan permukaan (m³/dtk)

C = Angka Pengaliran (tanpa dimensi)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

d. Debit Air Kotor

$$Q_{ak\ total} = \frac{P_n \times 80\% \times Kab}{A_{total}}$$

dengan :

Q_{ak} = debit air kotor (lt/dt/km²)

P_n = jumlah penduduk (jiwa)

A = luas daerah (km²)

e. Debit Rancangan

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3,6(0,3 T_p + T_{0,3})}$$

Dengan :

Q_p = Debit puncak banjir (m³/dtk)

C = Koefisien pengaliran, tergantung penggunaan lahannya

A = Luas daerah aliran sungai (km²)

T_p = Tenggang waktu permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai debit menjadi 30 % dari debit puncak (jam)

Analisa Hidrolika

a. Kapasitas Saluran

Perhitungan yang dipakai dalam menghitung kapasitas saluran drainase adalah menggunakan rumus Manning sebagai berikut (Suripin, 2003 : 144):

$$Q = A \cdot V$$

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

dengan :

R = jenis – jenis hidrolis

V = kecepatan aliran rata – rata (m/dt)

n = koefisien kekerasan Manning

Q = kapasitas saluran (m³/dt)

A = luas penampang (m²)

S = kemiringan dasar saluran

b. Kapasitas Sungai

HEC-RAS merupakan program bantu atau model matematik *RiverAnalysisSystem* yang dikembangkan oleh *Hidrologic Engineering Center US Army Corps of Engineer*. Yaitu program bantu yang mampu menyelesaikan persamaan aliran saluran terbuka satu dimensi pada kondisi *steady flow* maupun *unsteady flow*. Aliran satu dimensi ditandai dengan besarnya kecepatan yang sama pada seluruh penampang atau digunakan kecepatan rata-rata

c. Perhitungan Transport Sedimen

$$S = C \sqrt{\Delta g D_m^3} \quad (2.16)$$

Dimana:

C = Koefisien aliran

= Kecepatan Aliran (m/dtk)

h = tinggi penampang (m)

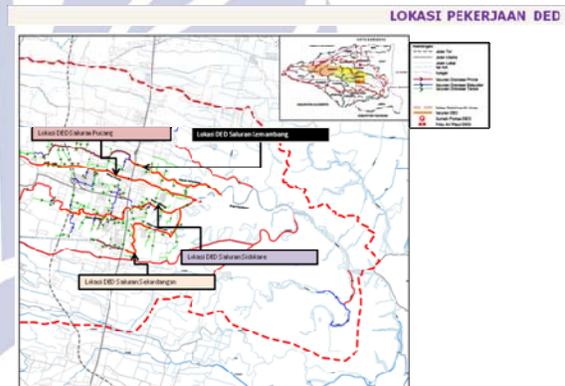
S = Volume Sedimen (m³/dtk)

I = kemiringan Saluran

III. METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum Penelitian

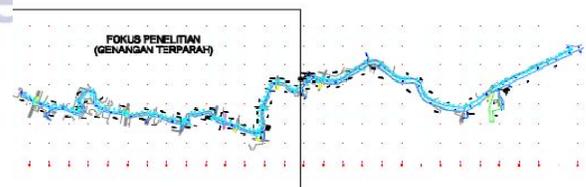
Lokasi Penelitian dilakukan di saluran drainase Daerah Aliran Sungai Sidokare Kabupaten Sidoarjo.



Sumber : PT. Candi Kencana Sabdawisesa

Gambar 3.1. Lokasi Penelitian

Tabel 3.1. Pembagian Sistem Drainase dan Luasannya



Sumber : PT. Candi Kencana Sabdawisesa

Gambar 3.2. Wilayah Penelitian

Batas Sistem Drainase Sidokare sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Sistem Drainase Pucung
- Sebelah Timur : Sistem Drainase Kapetingan Hilir
- Sebelah Selatan: Sistem Drainase Sekardangan

$X^{cr} = 5,991$ ($\alpha = 5\%$, $DK = 7$)
 $X^{cr} > X^2$ OKE!!!

Uji Smirnov-Kolmogorov

Tabel 4.5. Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov DAS Sidokare

Tahun	Regresi	m	p(x)=m/n+1	p(x)	f(x)=(X-Xrt)/sd	p'(x)	p'(tabel)	D
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=1-(4)	(6)	(7)=1-(8)	(8)	(9)=(8)-(5)
2005	160.64	1	0.0909	0.9091	1.97648	0.0239	0.9761	0.0670
2006	134.15	2	0.1818	0.8182	0.85418	0.1977	0.8023	-0.0159
2007	129.98	3	0.2727	0.7273	0.67733	0.2483	0.7517	0.0244
2008	125.22	4	0.3636	0.6364	0.47552	0.3156	0.6844	0.0480
2009	114.73	5	0.4545	0.5455	0.03107	0.488	0.512	-0.0335
2010	103.01	6	0.5455	0.4545	-0.46564	0.6906	0.3194	-0.1351
2011	99.92	7	0.6364	0.3636	-0.59626	0.7257	0.2745	-0.0892
2012	99.34	8	0.7273	0.2727	-0.82083	0.7324	0.2676	-0.0051
2013	87.12	9	0.8182	0.1818	-1.13872	0.8708	0.1292	-0.0526
2014	83.84	10	0.9091	0.0909	0.0075	0.0007	0.5000	0.0455
D maksimum								0.0670
D0								0.41

Setelah dilakukan dengan kedua uji tersebut maka hasil rekapitulasi terlihat seperti dibawah ini dan hasil akhirnya memenuhi untuk memakai persamaan distribusi Log Pearson III

Tabel 4.6. Rekapitulasi Hasil Kesesuaian

NO	PERSAMAAN DISTRIBUSI	UJI KECOCOKAN							
		CHI-SQUARE			SMIRNOV-KOLMOGOROV				
		χ^2	NILAI	χ^2_c	KET.	Dmaks	NILAI	D0	KET.
1	Log Pearson III	3.00	<	5.991	OK	0.067	<	0.41	OK

Koefisien Aliran Permukaan

Tabel 4.20. Koefisien Pengaliran Gabungan Eksisting

No	Name Saluran	Lokasi	Jenis Sal. Lama	Luas Per. rans		Permukiman	Perkebunan	Pertambangan	Ladang	Koef. Pengaliran
				A	B					
Sistem Drainase Sidokare										
1	Sal. Pondok Mutiara 4	Desa Banjar Bendo	T	8.86	0.3	0.86	0.3	0.3	0.3	0.58
2	Sal. Pondok Mutiara 2	Desa Banjar Bendo	T	24.06	0.3	9.10	6.36	6.92	3.29	0.87
3	Sal. Pondok Mutiara 2	Desa Banjar Bendo	B	1.92	0.3	0.60	1.42			0.39
4	Sal. Sidokare (R4)	Desa Banjar Bendo	P	0.30	0.30					0.30
5	Sal. Pondok Mutiara 1	Desa Banjar Bendo	T	26.17		17.07	2.70		6.40	0.83
6	Sal. Sidokare (R5)	Desa Banjar Bendo	P	3.02		2.15	0.63		0.34	0.55
7	Sal. Sumokai 1	Desa Bepende	B	271.93		263.99	3.04			0.84

Perhitungan Debit Limpasan permukaan rasional Perhitungan Debit Air Hujan

Tabel 4.7. Rekapitulasi Perhitungan Debit Limpasan Permukaan Rasional Eksisting

No	Nama Saluran	Lokasi	Jenis Sal. Lama	Luas Per. rans	Luas Total	Koef. Pengaliran (Eksisting)	Pening. Sal. Per. rans	Pening. Sal. Total	Pening. Aliran Sal. Lama	Kapasitas Aliran Sal. Lama	Kapasitas Aliran Sal. Lama	Waktu Pengaliran Sal. Lama	Waktu Pengaliran Sal. Lama	Waktu Konsentrasi Sal. Lama	Koefisien Pengaliran Sal. Lama	Caran Sal. Lama	Intensitas Hujan	Debit Sal. Lama
Sistem Drainase Sidokare																		
1	Sal. Pondok Mutiara 4	Desa Banjar Bendo	T	8.86	8.86	0.47	426.23	426.23	122.41	0.24	0.20	10.20	21.11	21.41	0.75	101.15	33.89	0.47
2	Sal. Pondok Mutiara 2	Desa Banjar Bendo	T	24.06	24.06	0.47	449.42	449.42	489.34	0.26	0.20	41.17	20.86	62.14	0.88	101.15	34.25	0.82
3	Sal. Pondok Mutiara 2	Desa Banjar Bendo	B	1.92	34.84	0.47	502.33	849.75	48.59	0.49	0.20	4.39	22.43	36.52	0.89	106.92	66.10	2.08
4	Sal. Sidokare (R4)	Desa Banjar Bendo	P	0.30	1770.40	0.47	58.13	1005.95	28.91	1.89	0.20	3.28	89.29	96.50	0.87	168.17	41.44	63.03
5	Sal. Pondok Mutiara 1	Desa Banjar Bendo	T	26.17	26.17	0.47	1090.32	1209.2	698.46	0.88	0.20	55.32	32.18	67.42	0.84	101.15	27.25	0.79
6	Sal. Sidokare (R5)	Desa Banjar Bendo	P	3.02	1789.80	0.47	172.89	1024.88	242.14	1.79	0.20	20.37	85.13	115.00	0.71	168.17	35.88	58.72

Perhitungan debit air kotor

Tabel 4.8. Rekapitulasi Perhitungan Debit Debit Air Kotor Eksisting

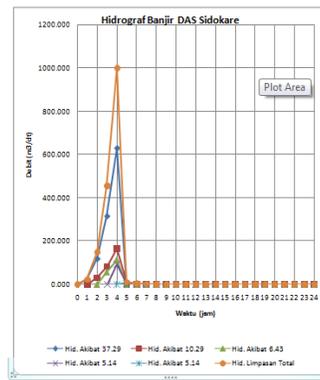
No	Nama Saluran	Lokasi	Luas Per. rans A (m ²)	Luas Per. rans A (km ²)	Penduduk / jiwa	Air Daurling / liter/hari/orang	Q Air Kotor m ³ /hari/ km ²	m ³ /hari
Sistem Drainase Sidokare								
1	Sal. Pondok Mutiara 4	Desa Banjar Bendo	8.86	0.009	81818	250	0.023	0.00204752
2	Sal. Pondok Mutiara 2	Desa Banjar Bendo	24.06	0.241	30129	250	0.009	0.00204751
3	Sal. Pondok Mutiara 2	Desa Banjar Bendo	1.92	0.019	377553	250	0.107	0.00204751
4	Sal. Sidokare (R4)	Desa Banjar Bendo	0.30	0.003	241034	250	0.605	0.00204750
5	Sal. Pondok Mutiara 1	Desa Banjar Bendo	26.17	0.262	27700	250	0.008	0.00204753
6	Sal. Sidokare (R5)	Desa Banjar Bendo	3.02	0.030	240034	250	0.068	0.00204751
7	Sal. Sumokai 1	Desa Bepende	271.93	2.719	2666	250	0.001	0.00204769
8	Sal. Sumokai 2	Desa Bepende	44.51	0.445	16287	250	0.005	0.00204760
9	Sal. Anak Awer Sidokare 1	Desa Banjar Bendo	52.71	0.527	13753	250	0.004	0.00204756
10	Sal. Sidokare (R6)	Desa Banjar Bendo	0.07	0.001	89827	250	0.025	0.00204751

Hydrograf Satuan Sintesis

Nakayassu Eksisting

Tabel 4.1. Perhitungan Waktu Lengkung

No	Karakteristik	Notasi	Awal (jam)		Akhir (jam)	
			Notasi	Nilai	Notasi	Nilai
1	Lengkung Naik	Q d ₀	0	0.000	T _p	1.329
2	Lengkung Turun Tahap 1	Q d ₁	T _p	1.329	T _p + T _{0.3}	2.914
3	Lengkung Turun Tahap 2	Q d ₂	T _p + T _{0.3}	2.914	T _p + T _{0.3} + 1.5T _{0.3}	5.292
4	Lengkung Turun Tahap 3	Q d ₃	T _p + T _{0.3} + 1.5T _{0.3}	5.292	24	0.000



Gambar 4.1. Hidrograf Banjir Eksisting

Kapasitas Drainase eksisting

Tabel 4.9. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Debit Eksisting

No	Nama Saluran	Jenis Sal. Lama	Bentuk	Keef. Manning	ANALISA HIDROLIKA						Kapasitas Saluran	Fz	
					Luas penampang Normal	Luas penampang Maks	Luas penampang Normal	Luas penampang Maks	Rek. Aliran Normal	Rek. Aliran Maks			
Sistem Drainase Sidokare													
1	Sal. Pondok Mutiara 4	T	Sempit	0.025	0.32	0.48	0.20	0.40	0.43	0.69	0.14	0.33	0.22
2	Sal. Pondok Mutiara 2	T	Sempit	0.025	0.19	0.30	0.15	0.30	0.36	0.57	0.04	0.17	0.21
3	Sal. Pondok Mutiara 2	B	Sempit	0.020	0.90	0.80	0.25	0.90	0.63	1.00	0.31	0.95	0.95
4	Sal. Sidokare (R4)	P	Trapezium	0.025	34.23	42.64	1.89	2.11	0.49	0.55	16.29	23.44	0.10
5	Sal. Pondok Mutiara 1	T	Sempit	0.020	1.35	1.65	0.41	0.87	0.87	1.44	1.18	2.37	0.29
6	Sal. Sidokare (R5)	P	Trapezium	0.025	31.19	38.52	1.69	2.14	0.47	0.55	14.78	21.93	0.10
7	Sal. Sumokai 1	B	Trapezium	0.020	0.43	0.66	0.24	0.36	0.60	0.81	0.26	0.55	0.30

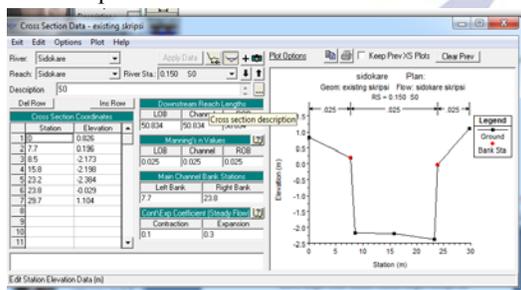
Analisa Kapasitas Tampung

Untuk analisa kapasitas tampung saluran primer pada avour Sidokare pada penelitian ini menggunakan aplikasi bantu HEC-RAS dengan debit yang dimasukkan yaitu debit dari hasil perhitungan HSS Nakayassu.



Gambar 4.2. Skema Sistem Saluran Primer Sistem Drainase Sidokare

Setelah dilakukan *input* data geometri maka akan tergambar kondisi seperti dia atas. Untuk selanjutnya adalah *input* data *cross section* maka tampilan pada HEC-RAS akan seperti di bawah ini:

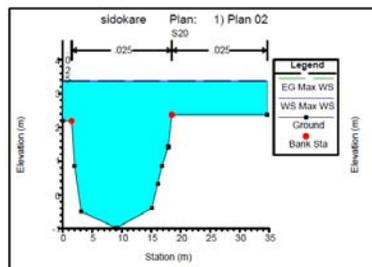


Gambar 4.3. *cross section* kondisi eksisting pada S0

Setelah data geometri sudah dimasukkan semua langkah selanjutnya yaitu memasukkan debit rancangan. Karena saluran primer di daerah sistem drainase Sidokare ini merupakan sungai maka jenis aliran dari saluran ini adalah *Unsteady flow*.



Gambar 4.4. Memasukkan Debit Rancangan



Gambar 4.5. Saluran Eksisting setelah proses *Running*

Perhitungan Transport Sedimen

Tabel 4.10. Rekapitulasi Perhitungan Transport Sedimen Sungai Sidokare

Row Sta	f	τ_b	$\tau_{b,c}$	C	C_{max}	τ_b	C	C_{max}	Row	Next													
0.100 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.104 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.108 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.112 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.116 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.120 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.124 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.128 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.132 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.136 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.140 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.144 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.148 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.152 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.156 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.160 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.164 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.168 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.172 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.176 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.180 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.184 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.188 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.192 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.196 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.200 50	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Evaluasi saluran eksisting

Tabel 4.10. Evaluasi Sistem Drainase Eksisting

No	Nama Saluran	Jenis Sal. Lama	Detail Air Kolam Gak	Detail Air Dangkal Gak	Sedimen	Detail Rancangan Total	Kapasitas Saluran	Salim Debit	Ket.
			(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	
1	Sal. Pondor Muters 4	T	0.00204792	1.129	0.12995	1.26992	0.14	-1.13	Luber
2	Sal. Pondor Muters 1	T	0.00204791	1.871	0.12995	1.99988	0.08	-1.83	Luber
3	Sal. Pondor Muters 2	B	0.00204791	3.097	0.12995	3.22820	0.21	-2.91	Luber
4	Sal. Sidokare (Rt)	P	0.00204790	10.428	0.12995	10.55881	18.29	8.74	Aman
5	Sal. Pondor Muters 3	T	0.00204791	2.097	0.0000018	2.09998	1.18	-0.92	Luber
6	Sal. Sidokare (Rt)	P	0.00204791	12.008	0.0000018	12.00988	14.78	2.77	Aman
7	Sal. Sidokare 1	B	0.00204799	26.882	0.0000018	26.88368	0.28	-26.33	Luber

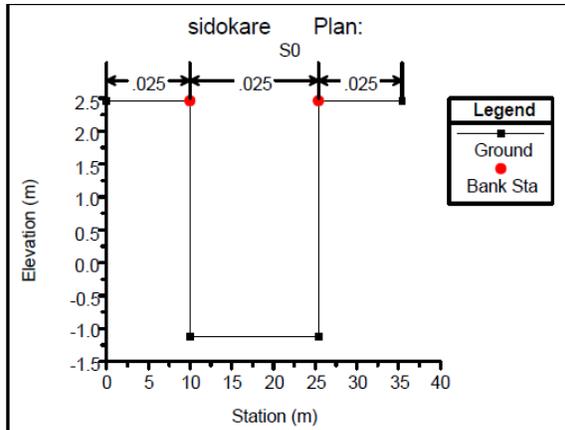
Upaya penanggulangan

Sebelum memunculkan beberapa alternative penanggulangan peneliti melakukan beberapa langkah yakni analisa kapasitas sungai terbesar atau saluran terbesar yakni saluran primer avour Sidokare. Dimana saluran ini memiliki dimensi terbesar dan kerap kali maenjadi pemicu utama saluran yang mengakibatkan luber atau genangan. Dengan menggunakan aplikasi Hec-ras maka memudahkan peneliti untuk menguji bagaimana saluran yang direncanakan sudah memenuhi ataukah masih mengakibatkan genangan yang parah.

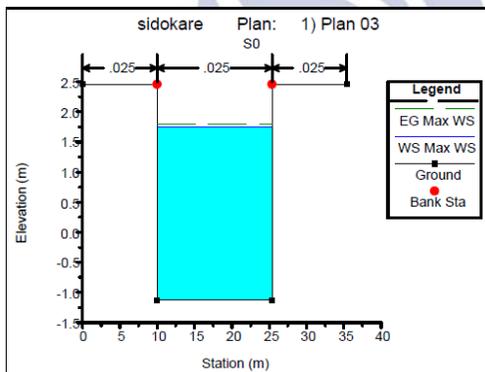
Analisa kapasitas saluran primer ini dengan panjang saluran yang diteliti yaitu 3738 meter atau 3.8 km dengan pembagian perpatok 50 meter. Karena aliran ini merupakan unsteady flow maka debit rancangan banjir yang dipakai yaitu debit banjir rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan sintesis Nakayassu dengan kala ulang 10 tahun. Dengan unit Hydrograph tertinggi yaitu 16,046 m³/dtk/mm.

Pada permodelan Hec-Ras kondisi eksisting terlihat bahwa ketika pada patok S49A dikakukan running pada kondisi pasang surut maka akan terjadi peluberan yng menimbulkan genangan. Genangan yang terjadi akibat kapasitas sungai tidak mampu menampung debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun. Untuk itu penanggulangan yang dilakukan untuk saluran primer ini yaitu dilakukan perubahan dimensi dan bentuk saluran atau normalisasi dan tidak lupa pula melakukan

perlakuan terhadap sedimen yang terjadi pada saluran ini. Perlakuan sedimen yang dilakukan yaitu dengan mengeruk atau menghilangkan sedimen tersebut sehingga tidak mengganggu debit aliran pada saluran primer avour Sidokare.



Gambar 4.6. Cross Section Rencana Patok S49A Avour Sidokare



Gambar 4.24. Hasil *Running* Rencana Patok S49A Avour Sidokare

Maka setelah dilakukan *running* pada patok S49A dengan kondisi pasang surut ternyata saluran dengan rencana baru mampu menampung debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun. Oleh karena itu maka alternatif perencanaan ini dapat digunakan sebagai penanggulangan masalah banjir yang kerap terjadi pada daerah DAS Sidokare untuk 10 tahun kedepan.

Penanggulang atau penyelesaian masalah ini tidak akan berhasil jika tanpa ikut andil masyarakat sekitar daerah Sidokare. Karena awal permasalahan ini adalah ulah dari manusia itu sendiri yang sering membuang sampah dengan sadar ke dalam sungai yang masih aktif akibatnya menimbulkan gunung sampah yang menjadikan sedimen. Kesadaran masyarakat akan pentingnya memperhatikan lingkungan sangat diperlukan

agar tidak ada lagi oknum-oknum penyebab terjadinya genangan tersebut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Permasalahan yang kerap timbul pada daerah perkotaan Sidoarjo yaitu adalah genangan yang belum sepenuhnya bisa teratasi. Untuk itu penelitian ini dimaksudkan untuk memunculkan alternatif penanggulangan permasalahan banjir atau genangan tersebut. Setelah melakukan penelitian dan analisis maka peneliti dapat menyimpulkan seperti dibawah ini:

1. Daerah perkotaan Sidoarjo merupakan daerah yang awal salurannya diperuntukkan untuk irigasi namun dengan seiring perkembangan zaman saluran di daerah perkotaan dialihfungsikan sebagai saluran drainase untuk itu beberpa masalah muncul akibat hal tersebut diantaranya terjadinya genangan. Kondisi eksisting dari sistem drainase Sidokare yang menjadi penyebab genangan/banjir yaitu :

- Warga yang mendirikan bangunan di atas batas sempadan yang telah ditentukan
- Adanya sedimen di dalam saluran
- Saluran yang menggenang (tidak mengalir)
- Saluran tidak tersambung dengan baik
- Banyak tumbuhan yang tumbuh ada di dinding saluran
- Masyarakat yang membuang sampah tepat di saluran bahkan di sungai
- Saluran yang sengaja ditutup
- Pengubahan saluran dari saluran irigasi menjadi saluran drainase
- Dimensi saluran yang tidak bisa menampung kapasitas debit yang diterima

2. Curah hujan maksimal yang terjadi di daerah DAS Sidokare terjadi pada tahun 2010 sebesar 160,64 m³/dtk . Perhitungan curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode thiesen yang kemudian semua besaran curah hujan diuji kesesuaannya dengan menggunakan metode chi kuadrat dan smirnov-kolmogorov sehingga persamaan distribusi yang dipilih yaitu persamaan distribusi Log Pearson III.

3. Sedimen merupakan permasalahan yang tidak bisa dianggap remeh pada penyebab terjadinya genangan/banjir. Dalam penelitian ini sedimen yang sudah disurvei yaitu pada bagian saluran primer avour Sidokare dengan tinggi pada batas kanan kiri mencapai 50-150 cm sepanjang daerah yang diteliti yaitu dengan panjang 3738 meter atau 3.8 km memiliki volume sedimen sebesar 0.0002264 m³/dt pada patok S60 di daerah Saluran primer Avour Sidokare (R 17).

4. Debit rencana/rancangan Drainase pada sistem drainase DAS Sidokare kabupaten Sidoarjo sudah dievaluasi oleh peneliti dan memunculkan besaran-besaran debit yang bisa digunakan sebagai pengecekan saluran yang berpotensi timbul genangan. Perancangan debit rancangan menggunakan kala ulang 10 tahun dengan hasil akhir potensi terbesar timbul genangan terbesar dan terlama yaitu pada daerah perbatasan Desa Kelurahan Putro dan Kelurahan Sidokare dengan selisih debit mencapai 34,13 m³/dtk tepatnya pada saluran Sidokare (R15). Untuk itu direncanakan kapasitas tampung saluran untuk menampung debit maksimal sebesar 217,03 m³/dtk pada saluran primer Sidokare (R10) yang merupakan kapasitas tampung terbesar.
5. Penanggulangan permasalahan banjir/genangan di kawasan DAS Sidokare Kabupaten Sidoarjo salah satu alternatif yang muncul ketika semua perencanaan sudah di analisa dengan aplikasi *HEC-RAS 4.1*. yaitu dilakukan normalisasi pada saluran utama atau saluran primer avour Sidokare dengan mengubah dimensi saluran dan mengubah bentuk saluran yang sudah ada dan menambahkan saluran baru sehingga mempermudah jalannya aliran agar tidak menimbulkan genangan. Serta kesadaran masyarakat untuk menghargai lingkungannya agar tidak semena-mena memberi perlakuan terhadap saluran-saluran yang sudah tersedia.

SARAN

Setelah penelitian ini dilaksanakan penelitian ini sungguh jauh dari kesempurnaan untuk itu saran-saran yang dapat peneliti berikan sebagai pengembangan hasil yang lebih baik lagi disarankan sebagai berikut:

1. Kepedulian masyarakat terhadap lingkungan khususnya terhadap sungai perlu ditingkatkan agar tidak ada lagi masyarakat yang dengan sengaja membuang sampah di sungai tanpa rasa bersalah.
2. Perlu diadakan perawatan secara berkala ketika alternatif di atas dilaksanakan agar kondisi saluran tetap terjaga kualitasnya dan debit rancangan dapat tertampung dengan baik dalam saluran tanpa menimbulkan luber sehingga terjadi genangan.
3. Perlu diadakan perawatan khusus secara berkala untuk perlakuan terhadap sedimen agar tidak menumpuk sehingga mempengaruhi kapasitas tampung saluran.
4. Karena penelitian ini tidak membahas perlakuan terhadap pintu air maka perlu diadakan penelitian pengembangan atau lanjutan agar direncanakan pintu air yang bisa menanggulangi permasalahan banjir yang kerap terjadi pada daerah Sidokare ini.
5. Penelitian ini memiliki kekurangan terhadap kualitas data serta kelengkapan data lapangan, untuk itu

disarankan agar instansi terkait dapat melengkapi dan menyempurnakan kelengkapan inventaris data

6. Penelitian ini dapat dikembangkan dan dilanjutkan untuk memperoleh kesempurnaan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya yaitu pada perencanaan saluran yang memperhatikan segi anggaran biaya dan struktur pada saluran primer avour Sidokare.

DAFTAR PUSTAKA

- Haryono, M.S. 1999. Drainase Perkotan. Pradnya Paramitha. Jakarta
- Indarto. 2010. Hidologi:Dasar teori dan contoh apikasi model hidrologi. Bumi Aksara. Jakarta
- Kodoatie, R.J, dan Roestam Sjarief, Ph.D, 2008, Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu, Edisi Revisi, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Kusnan,DKK. 2013. Pengembangan Model Penanggulangan Banjir Kampus UNESA di Ketintang Surabaya. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya
- Kusnan. 2010. Drainase Perkotaan I(Satu). Surabaya. Jurusan Teknik Sipil-Fakulas Teknik Universitas Negeri Surabaya
- Soemarto. 1995. Hidrologi teknik. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Soewarno. 2000. Hidrologi Operasional. PT. Citra Aditya Bakti. Bandung.
- Suripin, 2003. Sistem Drainase Kota Yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Triadmodjo,Bambang. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset. Yogyakarta
- Vigiyanto, Antok. 2014. Analisis Normalisasi Saluran Drainase Kecamatan Kota di Kabupaten Tuban. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.
- Wesli. 2008. Drainase Perkotaan. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Kamiana, Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta.