

**PENANGGULANGAN BANJIR DENGAN MERENCANAKAN BANGUNAN DRAINASE
DIDUSUN GAMBIRAN DESA BESOLE KECAMATAN BESUKI KABUPATEN TULUNGAGUNG
MENGUNAKAN APLIKASI HEC-RAS**

Agil Trimas

Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
agil.18012@mhs.unesa.ac.id

Danayanti Azmi Dewi Nusantara

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
danayantinusantara@unesa.ac.id

Abstrak

Masalah banjir kerap terjadi di ruas jalan di Indonesia, termasuk Jalan Dusun Gambiran di Desa Besole yang merupakan jalan kolektor. Saat hujan, genangan air terjadi di sepanjang sisi selatan jalan yang tidak ada drainase yang berfungsi untuk mengalirkan genangan air ke tempat pembuangan air, sehingga mengganggu pengguna jalan dan menyebabkan banjir di Dusun Gambiran. Maka untuk menanggulangi banjir di daerah tersebut, direncanakan suatu bangunan air berupa drainase dengan debit yang direncanakan periode ulang 50 tahun. Kapasitas drainase dilakukan dengan perhitungan manual sesuai pedoman perencanaan, kemudian dikontrol menggunakan aplikasi HEC-RAS. Dari hasil perhitungan didapatkan $R_{24} = 223,28 \text{ mm}$ sehingga debit banjir rencana sebesar $1,65 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada saluran primer, sedangkan untuk saluran sekunder pada rentang $0,025 - 0,055 \text{ m}^3/\text{dt}$. Dimensi saluran direncanakan dengan penampang persegi. Saluran drainase terdiri dari saluran primer dan saluran sekunder; untuk saluran sekunder, digunakan penampang saluran-u dengan dimensi $30 \times 60 \text{ cm}$ dan $40 \times 60 \text{ cm}$. Sedangkan saluran primer berdimensi $150 \text{ cm} \times 150 \text{ cm}$.

Kata Kunci: drainase, perencanaan, HEC-RAS.

Abstract

Flood problems often occur on roads in Indonesia, including Dusun Gambiran Street in the Besole-Village, a collector road. When it rains, puddles occur along the south side of the street, which are no drainage functions to drain the puddles to the disposal water area, thus disturbing road users and causing flooding in the Dusun Gambiran. So to cope with flooding in the area, a water structure is planned in the form of drainage with a planned discharge of 50 years period return. According to planning guidelines, the drainage capacity was done with manual calculations, then controlled using the HEC-RAS application. The calculation results obtained $R_{24} = 223.28 \text{ mm}$, so the design flood discharge is $1.65 \text{ m}^3/\text{s}$ in the primary channel, while for the secondary channel, it is in the range of $0.025 - 0.055 \text{ m}^3/\text{s}$. The dimensions of the channel are planned with a square cross-section. The drainage channels consist of primary and secondary channels; for secondary channels, use a u-ditch cross-section with $30 \times 60 \text{ cm}$ and $40 \times 60 \text{ cm}$ dimensions. The primary channel dimensions are $150 \text{ cm} \times 150 \text{ cm}$.

Keywords: drainage, planning, HEC-RAS.

PENDAHULUAN

Dusun Gambiran merupakan wilayah permukiman masyarakat yang masuk di Desa Besole Kecamatan Besuki. Di daerah ini merupakan daerah yang berada didataran rendah dengan elevasi $\pm 90 \text{ DPL}$ (Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah, 2013). Dalam jangka waktu 4 tahun terakhir sering terjadi banjir terhitung sejak tahun 2017 sampai 2021 tercatat 20 kali banjir di Dusun Gambiran, sebagai contoh banjir yang tercatat pada tanggal 1 Februari 2021 menjadi salah satu banjir terbesar sepanjang sejarah Dusun Gambiran dengan

tinggi genangan mencapai $40 - 50 \text{ cm}$ dengan waktu menggenang selama 3 jam (www.liputan6.com).

Banjir menjadi salah satu masalah yang serius. Wilayah yang sebelumnya tidak pernah terkena banjir kini tidak bisa mengelak lagi. Pada umumnya banjir terjadi karena aliran air tidak mengalir sempurna ditempat yang semestinya dikarenakan saluran tersumbat atau saluran tersebut perlu di *redesign* (Pane ddk, 2016). Akibatnya tempat penampungan air hujan tidak dapat lagi menampung air hujan yang terus bertambah sehingga banyak daerah / wilayahnya yang terendam dengan air (Nugraha, 2016). Dari penjelasan diatas perlu dilakukan

penelitian lebih lanjut mengenai saluran yang ada di Dusun Gambiran. Berdasarkan kondisi eksisting daerah Dusun Besole tidak ada saluran drainase disisi kiri jalan yang mengakibatkan air tidak terdistribusi sebagaimana semestinya.



Gambar 1. Kondisi Basah dan Kondisi Kering sumber : dokumen pribadi

Drainase (*drainage*) berasal dari kata kerja bahasa inggris “*to drain*” yang mempunyai arti mengeringkan atau mengalirkan air (Lubis dkk, 2018). Sehingga yang dimaksud sistem drainase adalah sistem yang ditujukan untuk mengatasi permasalahan kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, aliran air dari hulu dan hilir pada suatu kawasan seperti: kawasan permukiman, perdagangan, perindustrian, perkantoran, bandara, terminal, kawasan olahraga, kawasan pertanian, dsb (Krisnayanti & Hunggurami, 2017).

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran satu dimensi di sungai atau saluran, *River Analysis System (RAS)*, dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)* (Martiani dkk, 2020). HEC-RAS telah semakin banyak digunakan untuk membantu mensimulasikan aliran di sungai atau saluran (Ismawati & Lasminto 2017). Seiring perkembangan teknologi, tentunya penggunaan aplikasi dalam mempermudah pekerjaan dan mempersingkat waktu sangat diperlukan. Menurut data *World Economic Forum*, Indonesia menempati peringkat ke-71 dengan skor 66,8 dalam kategori infrastruktur jauh lebih rendah dari negara tetangga Singapura yang berada diposisi pertama dengan skor 95,7 (Databoks, 2018). Sebagai contoh teknologi pada Singapura dalam membangun saluran drainase sepanjang 6 Km dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS. Karena drainase merupakan salah satu bangunan dalam mengurangi genangan. Dalam hal ini mahasiswa menggunakan aplikasi HEC-RAS untuk memeriksa kembali perhitungan desain saluran apakah aman digunakan untuk menampung debit hujan rencana.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Penanggulangan Banjir Dengan Merencanakan Bangunan Drainase di Dusun Gambiran Desa Besole

Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung Menggunakan Aplikasi HEC-RAS”. Dikarenakan drainase merupakan bangunan terpenting dalam mengurangi banjir di Dusun Gambiran Desa Besole kecamatan Besuki. Sehingga diharapkan Air yang semula menggenang tidak bisa mengalir, dapat dialirkan ke tempat yang sudah ditentukan dan tidak terjadi banjir didaerah tersebut.

METODE

Penelitian dilakukan dengan analisis eksperimental komputasi. Penelitian ini merencanakan dimensi saluran drainase yang kemudian akan dikontrol dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS.

Tahapan-tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Penelitian menggunakan data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan sebagai data awal yang akan melalui proses tahap perencanaan. Data Primer yang diperoleh diantaranya : Luas *Catchment Area (DAS)*, Rencana Saluran, Dimensi Saluran. Data Sekunder yang diperoleh diantaranya : Data curah hujan harian Maksimum, Data ukuran U-ditch, Tata guna lahan, Elevasi dan kontur wilayah

2. Analisis Hidrologi dan Topografi

Perhitungan hidrologi untuk mendapatkan debit rencana periode ulang 50 tahun. Tahapan pertama adalah menganalisa hujan rencana menggunakan dua metode distribusi frekuensi yaitu Pearson Tipe III dan Log Normal. Kemudian dilakukan uji kecocokan distribusi dan dipilih nilai tinggi hujan rencana. Debit Rencana diperoleh dengan menggunakan Rumus Rasional dengan memperhitungkan terlebih dahulu koefisien pengaliran, intensitas hujan, dan catchment area

3. Analisis Hidrolika

Yaitu perhitungan dengan menggunakan rumus hidrolika sehingga akan menghasilkan luasan penampang saluran drainase yang diperlukan. Dari luasan penampang drainase yang diperlukan selanjutnya akan didapatkan dimensi penampang saluran drainase. Untuk kecepatan ijin diambil dari data elevasi.

4. Running HEC-RAS

Pemodelan Hidrolika menggunakan aplikasi/perangkat lunak HEC-RAS untuk mengetahui hasil analisa yang sudah dihitung kemudian dimodelkan untuk mengetahui genangan yang ada pada dimensi saluran rencana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Daerah Aliran Sungai

Desa Besole terletak di wilayah Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung. Desa Besole merupakan salah satu desa di ujung selatan Kecamatan Besuki. Wilayah Desa Besole didominasi dengan area persawahan dan pegunungan. Luas daerah aliran sungai Desa Besole memiliki luasan 3,14 Km² dengan tatanan tata guna lahan didominasi dengan ruang terbuka hijau dan pebukitan. Berikut ini merupakan gambar lokasi DAS yang ada di Dusun Gambiran Desa Besole Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung.



Gambar 2. Lokasi DAS Dusun Gambiran sumber : dokumen pribadi

Data Hujan

Data hujan yang digunakan untuk analisis debit rencana di Dusun Gambiran Desa Besole adalah curah hujan harian maksimal tahunan selama 15 belas tahun (2005-2019) dengan satu stasiun hujan, yaitu stasiun hujan Niyama. Stasiun Niyama digunakan karena lokasi yang dekat dengan DAS adalah stasiun Niyama berikut adalah lokasi stasiun hujan Niyama. Data curah hujan harian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hujan Harian Tahun 2005 - 2019

No. Urut	Tahun	R ₂₄ (mm)
1	2010	212,5
2	2019	156,6
3	2006	154,2
4	2014	129,5
5	2017	106,5
6	2005	101,1
7	2011	100,8
8	2012	90,4
9	2013	89,4
10	2018	88,5
11	2016	87,5
12	2009	84,8
13	2008	81,5
14	2007	77
15	2015	65

sumber : stasiun hujan Niyama

Perhitungan distribusi

Distribusi Pearson Tipe III

Parameter-parameter statistik dari Distribusi Pearson Tipe III yang dimiliki data diatas adalah :

- Nilai rata-rata (mean):

$$(Xi) = \frac{\sum x}{n} = \frac{1625,3}{15} = 108,353 \quad (1)$$

- Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x-xi)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{21485,437}{15-1}} = 39,175 \quad (2)$$

- Koefisien variasi

$$Cv = \frac{S}{X} = \frac{39,175}{108,353} = 0,362 \quad (3)$$

- Koefisien kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum (X-Xi)^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{15 \times 1172715}{14 \times 13 \times 39,175^3} = 1,6 \quad (4)$$

Perhitungan Distribusi Pearson Tipe III dihitung dengan menggunakan persamaan pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Perhitungan Distribusi Pearson Tipe III

Tahun	X	(Xi)	(X-Xi)	(X-Xi) ²	(X-Xi) ³
2010	212,5	108,35	104,14	10846,52	1129629,75
2019	156,6	108,35	48,24	2327,74	112305,74
2006	154,2	108,35	45,84	2101,91	96365,88
2014	129,5	108,35	21,14	447,18	9456,39
2017	106,5	108,35	-1,85	3,43	-6,37
2005	101,1	108,35	-7,25	52,61	-381,60
2011	100,8	108,35	-7,55	57,05	-430,94
2012	90,4	108,35	-17,95	322,32	-5786,75
2013	89,4	108,35	-18,95	359,22	-6808,58
2018	88,5	108,35	-19,85	394,15	-7825,28
2016	87,5	108,35	-20,85	434,86	-9068,31
2009	84,8	108,35	-23,55	554,76	-13066,43
2008	81,5	108,35	-26,85	721,10	-19363,97
2007	77	108,35	-31,35	983,03	-30821,31
2015	65	108,35	-43,35	1879,51	-81483,08
Jumlah	1625,3		0,00009	21485,43	1172715

sumber : hasil perhitungan

Distribusi Log Normal

Parameter-parameter statistik dari Log Normal yang dimiliki data diatas adalah :

- Nilai rata-rata (mean):

$$\text{Log X} = \frac{\sum \text{Log}(Xi)}{n} = \frac{30,193}{15} = 2,0128 \quad (5)$$

- Standar deviasi

$$S \text{ Log X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}(Xi) - \text{Log X})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,263}{15-1}} = 0,137 \quad (6)$$

- Koefisien variasi

$$Cv = \frac{S \text{ Log X}}{\text{Log X}} = \frac{0,137}{2,0128} = 0,067 \quad (7)$$

Perhitungan Distribusi Log Normal dihitung dengan menggunakan persamaan pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Perhitungan Distribusi Log Normal

Tahun	Xi	Log (Xi)	O	O ²	O ³
2010	212,5	2,3273	0,3145	0,0989	0,0311
2019	156,6	2,1947	0,1818	0,0331	0,0060
2006	154,2	2,1880	0,1751	0,0307	0,0054
2014	129,5	2,1122	0,0993	0,0099	0,0009
2017	106,5	2,0273	0,0144	0,0002	0,0000
2005	101,1	2,0047	-0,0081	0,0000	-0,0000
2011	100,8	2,0034	-0,0094	0,0001	-0,0000
2012	90,4	1,9561	-0,0567	0,0032	-0,0002
2013	89,4	1,9513	-0,0615	0,0037	-0,0002
2018	88,5	1,9469	-0,0659	0,0043	-0,0003
2016	87,5	1,9420	-0,0708	0,0050	-0,0004
2009	84,8	1,9283	-0,0845	0,0071	-0,0006
2008	81,5	1,9111	-0,1017	0,0103	-0,0011
2007	77	1,8864	-0,1264	0,0159	-0,0020
2015	65	1,8129	-0,1999	0,0399	-0,0080
Jumlah		30,1934		0,2627	0,0307

sumber : hasil perhitungan

Keterangan :

$$O = \text{Log}(Xi) - \text{Log} X \quad (8)$$

$$\text{Log} X = 2,0128$$

Uji Kecocokan Sebaran

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Dimana dalam studi kasus ini peneliti menggunakan dua uji kecocokan, yaitu Uji Chi kuadrat dan Uji Smirnov – Kolmogorov. Berikut adalah perhitungan uji kecocokan sebaran data dari stasiun hujan Terowongan Niyama :

1. Uji Chi- Kuadrat

Tabel 4. Uji Chi-Kuadrat Distribusi Pearson Tipe III

No	Nilai Batas Kelas	Jumlah data		$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		O _i	E _i		
1	X > 2,126	3	3	0	0
2	2,126 – 2,026	2	3	1	0,33
3	2,026 – 1,990	2	3	1	0,33
4	1,990 – 1,890	6	3	9	3
5	1,890 > X	2	3	1	0,33
Jumlah		15	15		4

sumber : hasil perhitungan

Dari Tabel 4 diatas didapat nilai $Z^2 = 4$ dengan derajat kebebasan $(dk) = 5 - 2 - 1 = 2$. Berdasarkan tabel nilai kritis untuk distribusi Chi Kuadrat pada derajat

kepercayaan $(\alpha) = 5\%$ diperoleh nilai $Z_{0,05}^2 = 5,99$. Berdasarkan perhitungan didapat kesimpulan bahwa $Z^2 < Z_{0,05}^2$ yaitu $4 < 5,99$ sehingga persamaan distribusi Pearson Tipe III dapat diterima

Tabel 5. Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal

No	Nilai Batas Kelas	Jumlah data		$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		O _i	E _i		
1	X > 134,79	3	3	0	0
2	134,79 – 102,32	2	3	1	0,33
3	102,32 – 94,48	2	3	1	0,33
4	94,48 – 89	2	3	1	0,33
5	89 > X	6	3	9	3
Jumlah		15	15		4

sumber : hasil perhitungan

Dari Tabel 5 diatas didapat nilai $Z^2 = 4$ dengan derajat kebebasan $(dk) = 5 - 2 - 1 = 2$. Berdasarkan tabel nilai kritis untuk distribusi Chi Kuadrat pada derajat kepercayaan $(\alpha) = 5\%$ diperoleh nilai $Z_{0,05}^2 = 5,99$. Berdasarkan perhitungan didapat kesimpulan bahwa $Z^2 < Z_{0,05}^2$ yaitu $4 < 5,99$ sehingga persamaan distribusi Pearson Tipe III dapat diterima.

2. Uji Smimov-Kologorov

Tabel 6. Uji Smimov-Kologorov Distribusi Pearson Tipe III

Tahun	m	X	P(X)	P(X <)	f(t)	P'(X <)	P'(X)	D
2010	1	212,5	0,0625	0,9375	2,66	0,9961	0,0039	0,0586
2019	2	156,6	0,1250	0,8750	1,23	0,8907	0,1093	0,0157
2006	3	154,2	0,1875	0,8125	1,17	0,8790	0,1210	0,0665
2014	4	129,5	0,2500	0,7500	0,54	0,7054	0,2946	-0,0446
2017	5	106,5	0,3125	0,6875	-0,05	0,5199	0,4801	-0,1676
2005	6	101,1	0,3750	0,6250	-0,19	0,4286	0,5714	-0,1964
2011	7	100,8	0,4375	0,5625	-0,19	0,4286	0,5714	-0,1339
2012	8	90,4	0,5000	0,5000	-0,46	0,3228	0,6772	-0,1772
2013	9	89,4	0,5625	0,4375	-0,48	0,3156	0,6844	-0,1219
2018	10	88,5	0,6250	0,3750	-0,51	0,3050	0,6950	-0,0700
2016	11	87,5	0,6875	0,3125	-0,53	0,2981	0,7019	-0,0144
2009	12	84,8	0,7500	0,2500	-0,60	0,2743	0,7257	0,0243
2008	13	81,5	0,8125	0,1875	-0,69	0,2451	0,7549	0,0576
2007	14	77	0,8750	0,1250	-0,80	0,2119	0,7881	0,0869
2015	15	65	0,9375	0,0625	-1,11	0,1335	0,8665	0,0710

sumber : hasil perhitungan

Tabel 7. Uji Smimov-Kologorov Distribusi Log Normal

Tahun	m	LogX	P(LogX)	P(Log X <)	f(t)	P'(Log X <)	P'(Log X)	D
2010	1	2,327	0,0625	0,9375	2,30	0,9893	0,0107	0,0518
2019	2	2,194	0,1250	0,8750	1,33	0,9082	0,0918	0,0332
2006	3	2,188	0,1875	0,8125	1,28	0,8997	0,1003	0,0872
2014	4	2,112	0,2500	0,7500	0,73	0,7673	0,2327	0,0173
2017	5	2,027	0,3125	0,6875	0,11	0,5438	0,4562	-0,1437
2005	6	2,004	0,3750	0,6250	-0,06	0,5239	0,4761	-0,1011
2011	7	2,003	0,4375	0,5625	-0,07	0,5279	0,4721	-0,0346
2012	8	1,956	0,5000	0,5000	-0,41	0,3409	0,6591	-0,1591
2013	9	1,951	0,5625	0,4375	-0,45	0,3264	0,6736	-0,1111
2018	10	1,946	0,6250	0,3750	-0,48	0,3156	0,6844	-0,0594
2016	11	1,942	0,6875	0,3125	-0,52	0,3015	0,6985	-0,0110
2009	12	1,928	0,7500	0,2500	-0,62	0,2709	0,7291	0,0209
2008	13	1,911	0,8125	0,1875	-0,74	0,2296	0,7704	0,0421
2007	14	1,886	0,8750	0,1250	-0,92	0,1788	0,8212	0,0538
2015	15	1,812	0,9375	0,0625	-1,46	0,0721	0,9279	0,0096

sumber : hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan nilai D dalam Tabel 6 diatas didapat harga $D_{max} = 0,0869$ pada data dengan peringkat 14, menggunakan Tabel Nilai kritis diperoleh nilai D_0 untuk Uji Smimov – Kolmogorov, untuk derajat kepercayaan 5% dan $N = 15$, maka diperoleh $D_0 = 0,338$. Karena didapat nilai $D_{max} = 0,0869$ lebih kecil dari pada nilai $D_0 = 0,338$ maka persamaan Distribusi Pearson Tipe III dapat diterima.

Dari perhitungan nilai D dalam Tabel 7 diatas didapat harga $D_{max} = 0,0872$ pada data dengan peringkat 3.

Dengan menggunakan Tabel Nilai kritis didapat D_0 untuk Uji Smimov – Kolmogorov, untuk derajat kepercayaan 5% dan $N = 15$, maka diperoleh $D_0 = 0,338$. Karena nilai $D_{max} = 0,0872$ lebih kecil dari pada nilai $D_0 = 0,338$ maka persamaan Distribusi Log Normal dapat diterima.

Dari hasil dua uji kecocokan untuk menentukan persamaan distribusi diatas dapat disimpulkan untuk data yang didapat dapat digunakan untuk perhitungan curah hujan periode ulang dikarenakan dari dua uji yang mahasiswa lakukan didapatkan hasil yang memenuhi spesifikasi.

Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Curah hujan yang digunakan dalam perhitungan perencanaan kali ini diambil menggunakan persamaan Pearson Tipe III dan Log Normal dengan periode ulang rencana 50 Tahunan hal ini diambil karena jalan disekitar Dusun Gambiran merupakan jalan kolektor, yang kemudian diambil nilai terbesar untuk digunakan dalam perencanaan :

1. Persamaan Pearson Tipe III

- Dari perhitungan sebelumnya didapat harga :

$$\begin{aligned} X_i &= 108,353 \\ S &= 39,175 \\ C_s &= 1,60 \end{aligned}$$

- Nilai k untuk periode ulang T = 50 tahunan dari Tabel Pearson Tipe III adalah (Basuki dkk, 2009):

$$k = 2,780$$

- R₂₄ maksimum periode ulang 50 Tahun didapat :

$$\begin{aligned} R_{24} &= 108,353 + k \times S \quad (9) \\ &= 108,353 + 2,780 \times 39,175 \\ &= 217,80 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Persamaan Log Normal

- Dari perhitungan sebelumnya didapat harga :

$$\begin{aligned} \text{Log } X_i &= 2,0128 \\ S \text{ Log } X &= 0,137 \\ C_s &= 0,984 \end{aligned}$$

- Nilai k untuk periode ulang T = 50 tahunan dari Tabel Variabel Log Normal adalah (Basuki dkk, 2009):

$$k = 2,453$$

- R₂₄ maksimum periode ulang 50 Tahun didapat :

$$\begin{aligned} \text{Log } R_{24} &= 2,0128 + k \times S \text{ Log } X \quad (10) \\ &= 2,0128 + 2,453 \times 0,137 \\ R_{24} &= 10^{2,348} \\ &= 223,28 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dalam perencanaan drainase Curah hujan yang digunakan dalam perhitungan perencanaan kali ini diambil menggunakan persamaan Log Normal dengan nilai tertinggi R₂₄ = 223,28 mm.

Perhitungan Waktu Aliran

Perhitungan waktu aliran pada kawasan Dusun Gambiran meliputi perhitungan waktu aliran air pada permukaan lahan (T₀), perhitungan aliran pada saluran (T_f), dan perhitungan aliran pada titik tinjau (T_c) yang disebut juga sebagai waktu konsentrasi.

3. Waktu aliran pada lahan (T₀)

Waktu aliran pada lahan (T₀) sesuai dengan buku prosedur dan Intruksi Kerja Perhitungan Rencana

Drainase karangan PU dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Lubis dkk, 2018):

$$T_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \quad (11)$$

Dimana :

- Nilai koefisien hambatan (nd) diambil 0,2 karena kondisi disekitar area Desa Besole terdapat permukaan sedikit berumput, tanah dengan tanaman berjajar, tanah terbuka dengan kekasaran sedang.
- Kemiringan lahan diDusun Gambiran diasumsikan memiliki nilai (S) sebesar 0,0002. Dikarenakan kondisi letak daerah rencana yang cenderung datar sehingga dalam perencanaan ini diambil nilai kemiringan lahan sebesar

Waktu aliran pada lahan Dapat dilihat pada Tabel 8.

4. Waktu aliran pada saluran (T_f)

Untuk nilai T_f saluran pada perencanaan drainase diDusun Gambiran dengan mengacu pada buku pedoman perencanaan drainase. Dapat dilihat pada Tabel 8. Dimana rumus yang digunakan untuk menghitung waktu aliran pada saluran yaitu menggunakan rumus sebagai berikut (Lubis dkk, 2018):

$$T_f = \frac{L}{V \cdot 60} \quad (12)$$

5. Waktu aliran air pada titik kontrol (T_c)

Nilai waktu konsentrasi aliran titik kontrol (T_c) merupakan penjumlahan dari waktu aliran air dari lahan/permukaan yang masuk ke dalam saluran (T₀) dengan waktu aliran air mengalir sepanjang saluran (T_f) pada suatu titik yang ditinjau/kontrol (Lubis dkk, 2018). Waktu aliran pada titik kontrol saluran di Desa Besole dapat dilihat pada Tabel 8.

Perhitungan Saluran Primer dan Sekunder

1. Saluran sekunder 6-1

- Panjang Saluran (L) = 178 m
- Luasan (A) :
 - A Rumah = 2,663 m²
 - A RTH = 0
 - A Jalan = 0
- Angka pengaliran (C) :
 - C Rumah = 0,4
 - C RTH = 0,2
 - C Jalan = 0,9

- Didapat nilai C gabungan :

$$\begin{aligned} &= \{(C \text{ Rumah} \times A \text{ Rumah}) + (C \text{ RTH} \times A \text{ RTH}) \\ &\quad + (C \text{ Jalan} \times A \text{ Jalan})\} / \text{Agabungan} \quad (13) \\ &= \{(0,4 \times 2,663) + (0,2 \times 0) + (0,2 \times 0)\} / 2,663 \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

- Waktu (t)

$$t_c = t_o + t_f \quad (14)$$

$$= 3,18 + 7,42$$

$$= 10,60 \text{ menit}$$

$$t = t_c \text{ dalam jam}$$

$$= 10,60 / 60$$

$$= 0,18 \text{ jam}$$

- Intensitas Hujan Rencana

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \times \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (15)$$

$$= \left(\frac{223,28}{24} \times \frac{24}{0,18} \right)^{2/3}$$

$$= 115,45 \text{ mm/jam}$$

- Debit Rencana (Hidrologi)

$$Q_{\text{hidrologi}} = 0,278 \times C \times I \times A \quad (16)$$

$$= 0,278 \times 0,4 \times 115,45 \times (2.663/1000000)$$

$$= 0,034 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- Rencana Dimensi Saluran
Dimana direncanakan kecepatan aliran (V) = 0,40 m/detik

$$A = \frac{Q}{v} \quad (17)$$

$$= \frac{0,034}{0,40} = 0,085$$

Direncanakan saluran berbentuk persegi dengan menggunakan beton U-ditch.

$$b = \sqrt{A} \quad (18)$$

$$= \sqrt{0,085} = 0,30 \text{ m}$$

Tinggi Jagaan (w) = 0,2 m ($Q_{\text{hidrologi}} < 0,5 \text{ m}^3/\text{dt}$)
(Mamahit dkk, 2020).

$$H = w + h \quad (19)$$

$$= 0,2 + 0,4$$

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

- Kontrol Dimensi Saluran

$$\text{A rencana} > \text{A perlu} \quad (20)$$

$$0,3 \times 0,6 > 0,085 \text{ m}^2$$

$$0,18 \text{ m}^2 > 0,085 \text{ m}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Kontrol Debit Hidrologi dan Hidrolika
 - Luas Penampang Basah

$$A = 0,3 \times 0,4 = 0,12 \text{ m}^2$$

- Keliling Penampang Basah

$$P = 2 \times h + b \quad (21)$$

$$= 2 \times 0,4 + 0,3$$

$$= 1,10 \text{ m}$$

- jari-jari hidrolis

$$R = \frac{0,12}{1,10}$$

- Kecepatan Aliran (v)

$$v = \frac{1}{0,01} \times \left(\frac{0,12}{1,10} \right)^{2/3} \times 0,0002^{1/2}$$

$$= 0,32 \text{ m/detik}$$

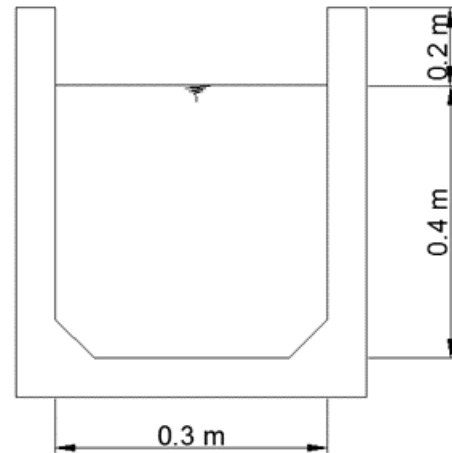
- $Q_{\text{hidrologi}} = 0,032 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$- Q_{\text{hidrolika}} = A \times v \quad (23)$$

$$= 0,12 \times 0,323$$

$$= 0,039 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Didapat nilai $Q_{\text{hidrolika}} > Q_{\text{hidrologi}}$ sehingga desain saluran dapat digunakan untuk perencanaan. Berikut adalah gambar desain penampang saluran sekunder 6-1, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Saluran Sekunder 6-1
sumber : dokumen pribadi

2. Saluran Primer

- Panjang Saluran (L) = 2500 m
- Luasan (A) :
 - A Rumah = 30.227 m²
 - A Jalan = 2.250 m²
 - A RTH = 260.406 m²
- Angka pengaliran (C) :
 - C Rumah = 0,4
 - C Jalan = 0,9
 - C RTH = 0,2
- Didapat nilai C gabungan :

$$= \{(C \text{ Rumah} \times A \text{ Rumah}) + (C \text{ RTH} \times A \text{ RTH}) + (C \text{ Jalan} \times A \text{ Jalan})\} / \text{Agabungan}$$

$$= \{(0,4 \times 30.227) + (0,2 \times 260.406) + (0,9 \times 2.250)\} / 292.884$$

$$= 0,23$$

- Waktu (t)

$$T_c = 16,56 \text{ menit (dipakai } t_c \text{ sekunder maksimal)}$$

$$t = t_c \text{ dalam jam}$$

$$= 16,56 / 60$$

$$= 0,276 \text{ jam}$$

- Intensitas Hujan Rencana

$$I = \left(\frac{223,28}{24} \times \frac{24}{0,276} \right)^{2/3}$$

$$= 86,83 \text{ mm/jam}$$

- Debit Rencana (Hidrologi)

$$Q_{\text{hidrologi}} = 0,278 \times 0,23 \times 86,83 \times (292884/1000000)$$

$$= 1,65 \text{ m}^3/\text{detik}$$

• Rencana Dimensi Saluran

Dimana direncanakan kecepatan aliran (v) = 0,75 m/detik

$$A = \frac{1,65}{0,75} = 2,2 \text{ m}^2$$

Direncanakan saluran berbentuk persegi dengan menggunakan beton U-ditch.

$$b = \sqrt{2,2} = 1,48 \text{ m}$$

dipakai ukuran 1,5 m

• Tinggi Jagaan (w)

Dimana dalam perencanaan mengacu pada buku suripin tahun 2004. Diketahui Q rencana kurang dari 0,5 sehingga nilai tinggi jagaan diambil 0,2 m (Mamahit dkk, 2020).

• Dimensi yang digunakan

Sehingga dimensi untuk saluran primer :

- Lebar (b) = 1,5 m
- Tinggi (h) = 1,3 m
- Tinggi jagaan (w) = 0,2 m
- Tinggi Total = 1,3 + 0,2 = 1,5 m

Dalam pasaran beton U-ditch terdapat ukuran 1,5 m x 1,5 m sehingga dipakai yang ada dipasaran untuk mempermudah pelaksanaan.

• Kontrol Dimensi Saluran

- Arencana > Aperlu
- 1,5 x 1,5 > 2,2 m²
- 2,25 m² > 2,2 m² (memenuhi)

• Kontrol Debit Hidrologi dan Hidrolika

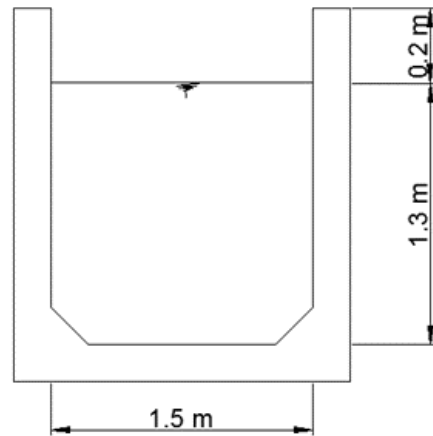
- Luas Penampang Basah
 - A = 1,5 x 1,3 = 1,95 m²
- Keliling Penampang Basah
 - P = 2 x 1,3 + 1,5 = 4,10 m
- jari-jari hidrolis
 - R = $\frac{1,95}{4,10}$

$$V = \frac{1}{0,01} \times \left(\frac{1,95}{4,10}\right)^{\frac{2}{3}} \times 0,0002^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,862 \text{ m/detik}$$

- Qhidrologi = 1,650 m³/detik
- Qhidrolika = A x v = 1,95 x 0,851 = 1,680 m³/detik

Didapat nilai Qhidrolika > Qhidrologi sehingga desain saluran dapat digunakan untuk perencanaan. Berikut ini adalah gambar desain penampang saluran primer, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Saluran Primer sumber : dokumen pribadi

Untuk mempermudah pekerjaan Perhitungan Luas Area, Koefisien Pengaliran, T₀, T_f, T_c, hingga perhitungan debit dan kapasitas penampang. Maka digunakan tabel dari program Ms.Exel. berikut ini adalah tabel perhitungan drainase hingga perencanaan kapasitas penampang yang dapat dilihat pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10.

Tabel 8. Perhitungan A, C, T₀, T_f, dan T_c

Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	A (m ²)				C				T ₀ (menit)	T _f (menit)	T _c (menit)
		Rumah	Jalan	RTH	Gabungan	Rumah	Jalan	RTH	Gabungan			
sekunder 6-1	178	2662,50	0,00	0,00	2662,50	0,40	0,90	0,20	0,40	3,18	9,19	12,37
sekunder 5-1	227	3854,37	0,00	1857,70	5712,07				0,33	3,45	10,25	13,70
sekunder 4-1	305	4632,60	0,00	2179,24	6811,84				0,34	3,85	13,77	17,62
sekunder 3-1	231	4115,25	0,00	995,65	5110,90				0,36	3,18	10,43	13,61
sekunder 2-1	109	1703,29	0,00	0,00	1703,29				0,40	3,51	5,63	9,14
primer	2500	30226,84	2250,00	260406,99	292883,83				0,23	17,78	48,35	65,98

sumber : hasil perhitungan

Tabel 9. Perhitungan Kapasitas Penampang Saluran Drainase

Nama Saluran	L	A	C	R24	I	b	h	A	P	V (m/detik)			
	m	m ²		mm	mm/jam	m	m	m ²	m	n	R	S	V
sekunder 6-1	178	2662,50	0,40	223,28	105,47	0,30	0,40	0,12	1,10	0,01	0,11	0,0002	0,323
sekunder 5-1	227	5712,07	0,33		98,52	0,40	0,40	0,16	1,20		0,13		0,369
sekunder 4-1	305	6811,84	0,34		83,30	0,40	0,40	0,16	1,20		0,13		0,369
sekunder 3-1	231	5110,90	0,36		98,95	0,40	0,40	0,16	1,20		0,13		0,369
sekunder 2-1	109	1703,29	0,40		129,07	0,30	0,40	0,12	1,10		0,11		0,323
primer	2500	292883,83	0,23		34,55	1,50	1,30	1,95	4,10		0,48		0,862

sumber : hasil perhitungan

Tabel 10. Perhitungan Debit Hidrologi dan Hidrolika

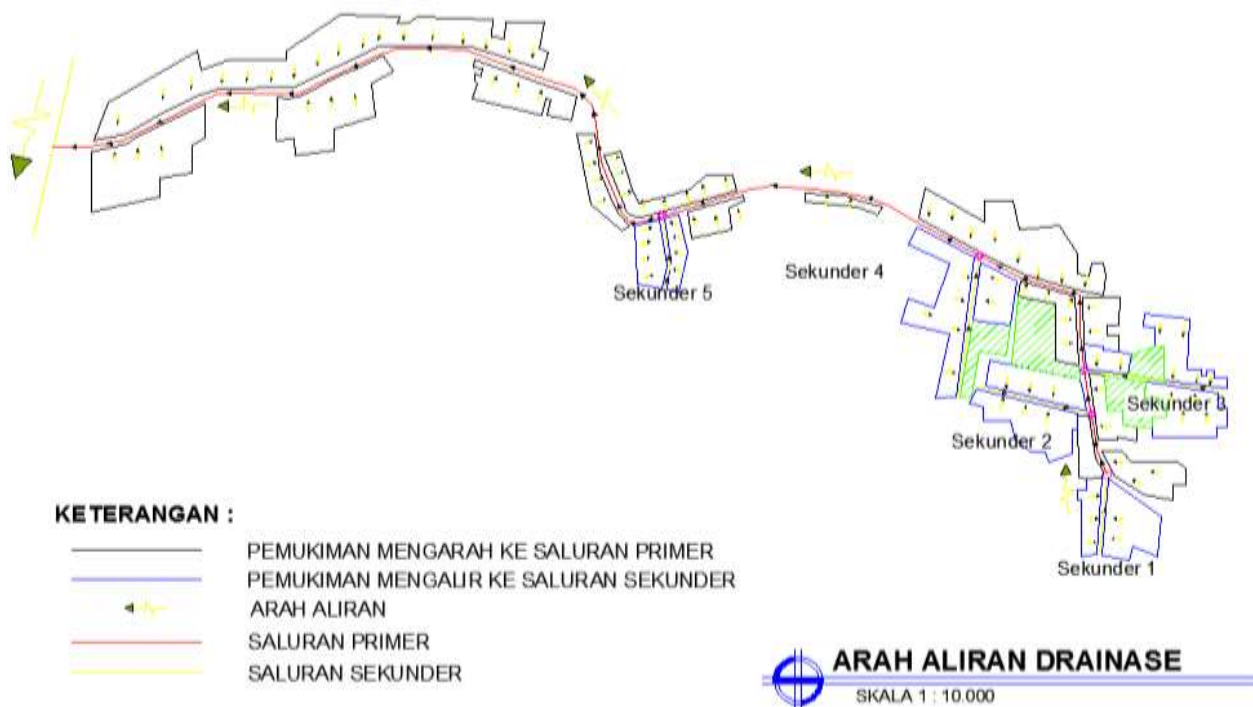
Nama Saluran	Qhidrolika	t	Qhidrologi	ΔQ	w	H	Cek ΔQ	kontrol Qhidrolika > Qhidrologi
		Jam			m	m		
sekunder 6-1	0,039	0,206	0,032	0,007	0,2	0,60	0,026	OK
sekunder 5-1	0,059	0,228	0,054	0,005		0,60	0,034	OK
sekunder 4-1	0,059	0,294	0,055	0,004		0,60	0,034	OK
sekunder 3-1	0,059	0,227	0,052	0,007		0,60	0,036	OK
sekunder 2-1	0,039	0,152	0,025	0,014		0,60	0,033	OK
primer	1,680	1,100	1,650	0,030		1,50	0,341	OK

sumber : hasil perhitungan

Perencanaan Skema Drainase

Skema perencanaan drainase Dusun Gambiran Desa Besole dapat dilihat pada Gambar 5, dimana saluran terdiri dari 5 saluran sekunder dan 1 saluran primer. Saluran ini terletak pada kiri jalan raya, hal ini dikarenakan elevasi tanah sisi kiri jalan raya lebih rendah

dari pada elevasi punggung jalan raya sehingga aliran air tidak dapat mengalir sempurna dan menggenang pada daerah tersebut. Berdasarkan alasan tersebut peneliti merencanakan saluran drainase dengan tataletak skema irigasi seperti pada gambar berikut.



Gambar 5 Skema Aliran Irigasi
sumber : dokumen pribadi

Perencanaan Elevasi

Tabel 11. Perhitungan Perencanaan Elevasi

NAMA SALURAN	L saluran m	Kemiringan Saluran	Z m	Elevasi dasar (m)		h m	w m	Elevasi muka air (m)		Elevasi tanggul (m)	
				Hulu	Hilir			Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
SP 1-2	1158	0,0002	0,232	92,332	92,100	1,3	0,2	93,632	93,400	93,832	93,600
SS 2-1	109		0,022	92,553	92,532	0,34	0,2	92,893	92,872	93,093	93,072
SP 2-3	720		0,144	92,476	92,332	1,3	0,2	93,776	93,632	93,976	93,832
SS 3-1	231		0,046	92,722	92,676	0,37	0,2	93,092	93,046	93,292	93,246
SP 3-4	389		0,078	92,553	92,476	1,3	0,2	93,853	93,776	94,053	93,976
SS 4-1	305		0,061	92,814	92,753	0,38	0,2	93,194	93,133	93,394	93,333
SP 4-5	97		0,019	92,573	92,553	1,3	0,2	93,873	93,853	94,073	94,053
SS 5-1	227		0,045	92,818	92,773	0,36	0,2	93,178	93,133	93,378	93,333
SP 5-6	136		0,027	92,600	92,573	1,3	0,2	93,900	93,873	94,100	94,073
SS 6-1	178		0,036	92,836	92,800	0,31	0,2	93,146	93,110	93,346	93,310

sumber : hasil perhitungan

Daerah tangkapan air pada daerah perencanaan ditentukan dengan memperhatikan kondisi topografi dan hidrologinya sehingga dapat mengalirkan air secara gravitasi dengan mempertimbangkan kemiringan saluran drainase sehingga air akan mengalir secara efisien ke pembuangan tersebut. Perencanaan elevasi tidak jauh pada peta topografi dalam denah rencana saluran irigasi. Data peta topografi diaplikasikan dalam hasil survey menggunakan alat bantu polygon seperti waterpass dan total station. Akan tetapi pada penelitian ini menggunakan google earth dalam mendapatkan elevasi dan kontur lokasi. Fungsi perencanaan elevasi saluran drainase ialah sebagai acuan daerah urugan atau timbunan. Dari data tersebut bisa sebagai pertimbangan dalam kemiringan perencanaan saluran drainase.

Elevasi dasar perencanaan drainase berada pada letak hilir saluran, dimana saluran mengarah langsung ke sungai Niyama. Dimana sungai niyama memiliki elevasi tanggul yaitu + 92,100 m DPL. Sehingga dalam perencanaan drainase awal dipakai nilai tersebut untuk merencanakan elevasi drainase. Berikut adalah perhitungan perencanaan elevasi pada saluran Primer 1-2 (SP 1-2).

Diketahui :

- Elevasi dasar hilir = 92,100 m
 - Panjang Saluran = 1.158 m
 - Kemiringan saluran = 0,0002
 - Nilai Z = $L \text{ saluran} \times \text{kemiringan saluran}$ (24)
= $1.158 \times 0,0002$
= 0,230 m
 - h (tinggi air) = 1,3 m
 - w (tinggi jagaan) = 0,2 m
- sehingga didapat nilai-nilai sebagai berikut :
- Elevasi dasar Hulu = $92,100 + 0,230$
= 92,330 m
 - Elevasi MA Hilir = $92,100 + 1,30$
= 93,400 m

- Elevasi MA Hulu = $92,330 + 1,30$
= 93,630 m
- Elevasi tanggul Hilir = $92,100 + 1,30 + 0,2$
= 93,600 m
- Elevasi tanggul Hulu = $92,330 + 1,30 + 0,2$
= 93,830 m

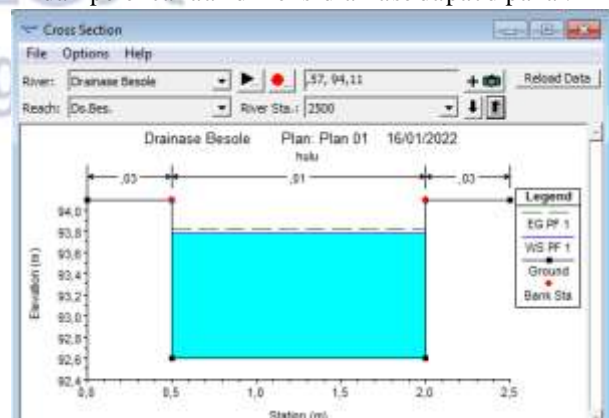
Untuk mempermudah pekerjaan, perhitungan elevasi saluran drainase yang lain dapat dilihat pada Tabel 11.

Permodelan Saluran dengan Aplikasi HEC-RAS

Setelah running program HEC-RAS, maka didapat hasil perhitungan dalam bentuk tabel atau grafik. Di bawah ini, dipaparkan poin-poin hasil hitungan dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS.

a) Output Cross-Section

pada permodelan HEC-RAS dibagi menjadi beberapa *cross section* dimana jarak antar *cross section* sepanjang 50 m. Dimana pada kasus ini diambil permodelan pada saluran primer. Dari hasil *running* didapatkan nilai muka air tertinggi penampang melintang saluran pada STA 2+500 yang mana diperoleh tinggi muka air banjir sebesar 1,29 meter dan tidak melebihi elevasi tanggul. Sehingga hasil dari perencanaan dimensi drainase dapat dipakai.



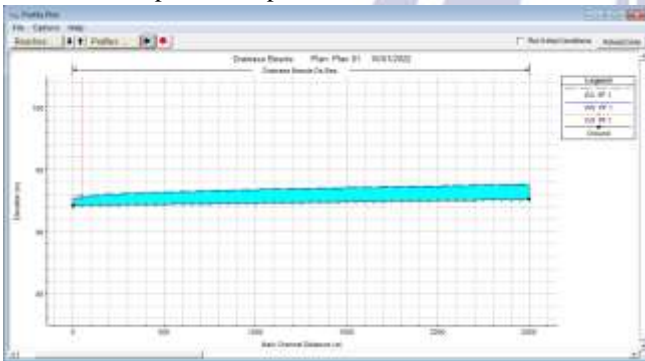
Gambar 6 Tampilan Muka Air Yang Terjadi Pada Penampang Melintang Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program Aplikasi HEC-RAS sumber : *running* aplikasi HEC-RAS

Parameter	Value	Parameter	Value	Parameter	Value
E. G. Elev (m)	93,98	Segment	Left 00	Channel	Right 00
Vel Head (m)	0,03	Stt. m-Hal			0,330
W.S. Elev (m)	93,94	Reach Len. (m)	2500,00	2500,00	2500,00
Crit W.S. (m)	93,07	Flow Area (m ²)			2,05
E. G. Slope (m/m)	0,000176	Area (m ²)			2,05
Q Total (m ³ /s)	1,68	Flow (m ³ /s)			1,68
Top Width (m)	1,50	Top Width (m)			1,50
Vel Total (m/s)	0,82	Av. Vel. (m/s)			0,82
Max Chl Dpth (m)	1,37	Hyd. Depth (m)			1,37
Conv. Total (m ³ /s)	120,7	Conv. (m ³ /s)			120,7
Length Wtd. (m)	2500,00	Wetted Per. (m)			4,24
Min Ch B (m)	02,57	Shear (N/m ²)			0,04
Alpha	1,00	Stream Power (N/m s)			0,68
Frict Loss (m)	1,10	Chan Volume (2500 m ³)			3,51
C B E Loss (m)	0,02	Chan SA (2500 m ²)			3,75

Gambar 7 Output Tabel Cross Section STA 2500
sumber : running aplikasi HEC-RAS

b) Output Long-Section

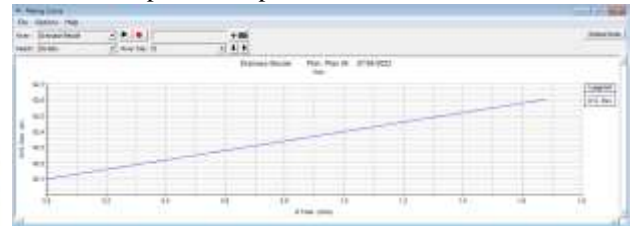
Long Section dimunculkan untuk mengetahui bagaimana kondisi muka air genangan ditinjau dari sudut pandang memanjang. Berikut Output Long Section dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Longsection STA 2+500 sampai 0
sumber : running aplikasi HEC-RAS

c) Output Debit Maksimum

Debit aliran dapat diketahui pada aplikasi HEC-RAS dimana pada hasil running didapat Qmax sebesar 1,68 m³/s. Hasil ini sama dengan nilai perhitungan, akan tetapi pada elevasi mendekati hulu nilai Q mengalami penurunan karena pada area hulu terjadi pembuangan aliran ke Sungai Niyama. Berikut Output Long Section dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Output Debit STA 2+500 sampai 0
sumber : running aplikasi HEC-RAS

d) Output Kecepatan Aliran

Berikut Output Kecepatan Aliran dapat dilihat pada Gambar 10.

Top Width (m)	1,50
Vel Total (m/s)	0,80
Max Chl Dpth (m)	1,40
Conv. Total (m ³ /s)	129,9
Length Wtd. (m)	2500,00

Gambar 10 Output Kecepatan Aliran STA 2+500
sumber : running aplikasi HEC-RAS

Rekapitulasi Perbandingan Perhitungan Manual Dan Running Aplikasi HEC-RAS

Tabel 12 Rekapitulasi Perbandingan Perhitungan Manual Dan Running Aplikasi HEC-RAS

No	Perbandingan	Perhitungan Manual	Running Aplikasi HEC-RAS	Keterangan
1	Tinggi Muka Air	1,3 m	1,29 m	Sesuai dan mendekati nilai perhitungan
2	Kemiringan Saluran	0,0002 m	0,000196	Sesuai dan mendekati nilai perhitungan
3	Debit Aliran	1,68 m ³ /dtk	168 m ³ /dtk	Sesuai
4	Kecepatan Aliran	0,86 m/detik	0,80 m/detik	Tidak Sesuai, Terjadi Selisih 0,06 m/detik hal ini dikarenakan kecepatan pada STA 2500 yang merupakan Hilir Terjadi Antrian Aliran dan juga adanya kehilangan Energi sehingga pada hasil Running Program HEC-RAS nilai kecepatan lebih rendah daripada perhitungan manual.

sumber : hasil analisis peneliti

PENUTUP

Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan drainase pedesaan ini adalah :

- a) Hasil analisis hidrologi yaitu dengan menggunakan distribusi log normal dan periode ulang 50 tahun didapat debit maksimum saluran = 1,65 m³/detik pada saluran primer dengan curah hujan $R_{24} = 223,28$ mm.
- b) Perencanaan saluran drainase Dusun Gambiran Desa Besole menggunakan bentuk penampang berbentuk persegi (u-ditch). perencanaan saluran sekunder memakai dimensi u-ditch 30 cm x 60 cm dan 40 cm x 60 cm, sedangkan primer menggunakan dimensi u-ditch 150 cm x 150 cm.
- c) Dari hasil running HEC-RAS diperoleh hasil cross section yang diketahui gambaran muka air tertinggi pada penampang melintang saluran yaitu cross section pada STA 2+500 yang mana diperoleh tinggi muka air banjir sebesar 1,25 meter dan tidak melebihi elevasi tanggul. Sehingga desain saluran primer drainase dapat menampung semua debit rencana dengan periode ulang 50 tahun.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu meliputi:

1. Tidak semua orang dapat mengoperasikan aplikasi HEC-RAS, sehingga diperlukan kemampuan dasar yang harus dikuasai agar dapat mengoperasikan program aplikasi HEC-RAS ini. Syarat minimal untuk mengoperasikan HEC-RAS adalah memahami konsep ilmu hidrologi, ilmu hidrolika dan ilmu geomatika.
2. Untuk Perhitungan selanjutnya gunakan metode selain yang digunakan peneliti, hal ini bertujuan untuk menjadikan kontrol pada hasil penelitian ini.
3. Untuk perhitungan selanjutnya peneliti perlu memperhitungkan RAB dari pelaksanaan pembangunan saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah. (2013). Potensi dan Produk Unggulan Jawa Timur Kabupaten Tulungagung. *Majalah Wisata Kabupaten Tulungagung*, 8, 1-12.
- Basuki, ., Winarsih, I., & Adhyani, N. L. (2009). Analisis Periode Ulang Hujan Maksimum Dengan Berbagai Metode. *Agromet*, 23(2), 76.
- Databoks, K. I. (2018). Daya Saing Infrastruktur Indonesia Tertinggal Jauh dari Singapura. *Dkatadata.Co.Id*, 2018.
- Ismawati, S. M., & Lasminto, U. (2017). Pemodelan Aliran 1D pada Bendungan Tugu Menggunakan Software HEC-RAS. In *Jurnal Hidroteknik* (Vol. 2, Issue 2).
- Krisnayanti, D. S., & Hunggurami, E. (2017). Perencanaan Drainase Kota. In *Perencanaan Drainase Kota Seba: Vol. VI* (Issue 1).
- Lubis, H., Hidayat, A., & Rismalinda. (2018). *PERENCANAAN SALURAN DRAINASE (Studi Kasus Desa Rambah)*. 3, 1-7.
- Mamahit, Y. N., Sumarauw, J. S. F., & Tangkudung, H. (2020). *Tinjauan Sistem Saluran Drainase Di Jalan Hasanudin Dalam Kecamatan Tuminting Kota Manado*. 8(3), 361-374.
- Martiani, D. N., Juliya, M., & Maulana, M. A. (2020). *Tutorial Program HEC-RAS Untuk Analisa Sistem Drainase*.
- Nugraha. (2016). *Evaluasi Sistem Drainase Di Kawasan Jalan Medan-Binjai Km 15, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang*.
- Pane, Y. F., Hasiholan, F., & Sachro, S. S. (2016). Perencanaan Drainase Jalan Raya Semarang-Bawen KM 12+400-KM 16+600 (Jamu Jago-Balai Pelatihan Transmigrasi Dan Penyandang Cacat Jateng). In *Halaman JURNAL KARYA TEKNIK SIPIL* (Vol. 5, Issue 1).