

Perencanaan Sistem Drainase Sepanjang Jalan Raya Mayong – Bakalan, Kabupaten Jepara

Miftakhul Huda^{1*}, Decky Rochmanto², Nor Hidayati³

Teknik Sipil Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara^{1,2,3}

Koresponden*, Email: mieffhuda90@gmail.com

Info Artikel	Abstract
<p>Diajukan : 12 September 2021 Diperbaiki : 1 Oktober 2021 Disetujui : 3 Oktober 2021</p> <p>Keywords: Highway Drainage, HEC-RAS 5.0.7, U-ditch</p> <p>Kata kunci: Drainase Jalan Raya, HEC-RAS 5.0.7, U-ditch</p>	<p><i>The problem of annual periodic flooding that occurs there disrupts the flow of local traffic so that it hampers the speed of vehicles. Then this study aims to determine the ability of drainage in draining wastewater discharge, and also to determine the capacity of drainage, and provide solutions to these problems. This study previously reviewed the condition of the existing canal first, by collecting primary and secondary data and then analyzed it using HEC – RAS 5.0.7 software. With hydrological analysis using the HEC-RAS 5.0.7 software, it will be easier to plan a drainage again with a simulation of channel conditions. In the calculation analysis using the Pearson III log distribution because the value of $C_s < 1$ from this method, the rainfall for 2 years = 291,071 mm, 5 years = 254,813 mm, 10 years = 394,457 mm, 25 years = 443,608 mm. From the results of this study, the planned flood discharge for Q 2019 is 57.84 m³/s, Q 2021 is 64.10 m³/s, Q 2024 is 69.52 m³/s, and Q 2029 is 74.79 m³/s. while the HEC – RAS 5.07 software produces an average channel discharge of Q 2.44 m³/s where Q Discharge > Q Channels, it is stated that the Q channel does not meet the requirements to drain flood discharge so that runoff occurs. For this reason, a U ditch is planned with dimensions b = 1 m and h = 1 m with a manning roughness of 0.014 and a channel slope of 2.75%, from the results of the analysis using HEC-RAS 5.0.7 software so that it meets the requirements and is safe for accommodate flood discharges.</i></p> <p>Abstrak Permasalahan banjir periodik tahunan yang terjadi disana mengganggu arus lalu lintas setempat sehingga menghambat laju kendaraan. Kemudian perencanaan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan drainase dalam mengalirkan debit air buangan, dan juga untuk mengetahui kapasitas drainase, serta memberikan solusi dari permasalahan tersebut. Pada perencanaan ini sebelumnya telah melakukan peninjauan kondisi saluran eksisting terlebih dahulu, dengan mengumpulkan data primer maupun sekunder kemudian melakukan analisa menggunakan software HEC – RAS 5.0.7. Dengan analisa hidrologi menggunakan software HEC-RAS 5.0.7 akan memudahkan untuk merencanakan kembali suatu drainase dengan dilengkapi simulasi kondisi saluran. Dalam analisa perhitungan menggunakan distribusi sebaran log pearson III karena nilai $C_s < 1$ dari metode tersebut mendapatkan curah hujan 2 tahun = 291,071 mm, 5 tahun = 254,813 mm, 10 tahun = 394,457 mm, 25 tahun = 443,608 mm. Dari hasil penelitian tersebut pada akhirnya menghasilkan debit banjir rencana Q 2019 57,84 m³/s, Q 2021 64,10 m³/s, Q 2024 69,52 m³/s, dan Q 2029 74,79 m³/s. sedangkan pada software HEC – RAS 5.07 menghasilkan debit saluran rata – rata Q 2,44 m³/s dimana Q Debit > Q Saluran maka dinyatakan Q saluran tidak memenuhi persyaratan untuk mengalirkan debit banjir sehingga terjadi limpasan air. Untuk itu direncanakan untuk skala 10 tahun menggunakan U-ditch dengan dimensi b = 1 m dan h = 1 m dengan kekasaran manning 0.014 dan kemiringan saluran sebesar 2,75 %, dari hasil analisa menggunakan software HEC-RAS 5.0.7 sehingga memenuhi syarat dan aman untuk menampung debit banjir.</p>

1. Pendahuluan

Dalam suatu proyek pembangunan ataupun pelebaran jalan raya, drainase menjadi suatu hal yang sangat penting dan harus diperhatikan. Pengaruh air dan beban lalu lintas merupakan penyebab dari masalah kerusakan jalan yang dapat di antisipasi dengan adanya pembangunan drainase jalan yang baik. Pada umumnya yang menjadi penyebab utama kerusakan perkerasan jalan adalah kondisi drainase atau tanah dasar yang buruk sehingga mengakibatkan kerugian ulang pembangunan ulang, khususnya drainase jalan raya. (Yudaningrum & Ikhwanudin, 2017)

Perlu diketahui sebelumnya, untuk menentukan jenis drainase yang akan dipilih untuk digunakan, maka perlu dihitung data curah hujan, kapasitas pengguna jalan raya dan juga debit aliran air di sepanjang jalan yang akan dilaksanakan pembangunan. Hasilnya akan sangat mempengaruhi baik tidaknya pembangunan drainase berkelanjutan dan juga upaya

menanggulangi adanya permasalahan genangan air di sepanjang jalan raya ataupun pada tingkat risiko yang lebih tinggi, yakni bencana banjir. (Kusuma Dewi et al., 2014)

Permasalahan genangan air dan banjir di sepanjang jalan raya Mayong – Bakalan Jepara, tidak dapat dipisahkan dengan adanya proyek pelebaran dan perkerasan jalan. Pembangunan fisik seperti perumahan dan industri juga terjadi sangat pesat, diimbangi dengan meningkatnya jumlah penduduk dan volume kendaraan di jalan raya. Sementara faktor hujan adalah suatu peristiwa alam yang tidak mampu dihindari maupun dicegah. Air hujan yang semestinya meresap ke dalam tanah berubah menjadi limpasan (run off) dan mengakibatkan banjir. Penentuan sistem drainase yang tepat guna menanggulangi debit limpasan air hujan merupakan rumusan masalah dalam perencanaan.

Seperti pada latar belakang yang telah di uraikan, maka permasalahan dapat diidentifikasi diantaranya yaitu :

- Untuk Mengetahui kondisi saluran drainase untuk mengalirkan debit air buangan pada kawasan Jalan Mayong – Bakalan
- Untuk mengetahui besar debit air hujan maksimum yang dapat ditampung saluran drainase sepanjang Jalan Mayong – Bakalan
- Untuk mendapatkan solusi permasalahan genangan air dan saluran drainase yang tepat di Jalan Mayong – Bakalan

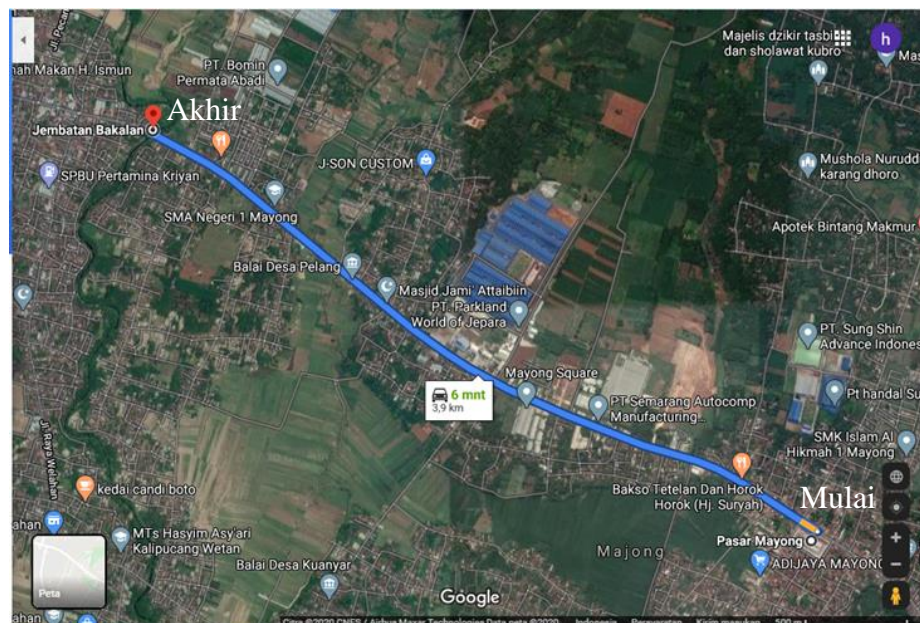
2. Metodologi

Dalam merancang saluran drainase, beberapa tahap harus dilakukan terlebih dahulu, mulai dari persiapan, survei dan meneliti dari wilayah yang di tinjau, untuk mendapatkan data yang berhubungan dengan perancangan yang detail dan teliti. Pelaksanaan perancangan harus menggunakan metodologi yang baik dan benar, sebab metodologi sumber untuk menentukan urutan-urutan untuk menyelesaikan studi kasus yang di tinjau.

a. Lokasi Perencanaan

Alamat : Jl. Raya Mayong - Bakalan, Desa Pelang - Sengon, Kecamatan Mayong, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah 59465

Titik Koordinat : Koordinat selatan 006°047'020"LS dan arah timur 110°050'040"BT.



Gambar 1. Peta Satelit dan Pemetaan Lokasi Perencanaan

Sumber : Google Earth, 2021

b. Tahap Persiapan

- Menentukan jenis kebutuhan data
- Studi pustaka untuk landasan teori harus berkaitan dengan studi kasus yang ditinjau untuk menentukan sebuah permasalahannya

- 3 Data- data yang diperoleh dari instansi terkait
- 4 Mengetahui gambaran umum kondisi wilayah dengan cara mensurvei langsung ke lokasi.

c. Pengumpulan Data

- 1 Data Primer
 - Survei letak dan kondisi wilayah
 - Data sistem drainase yang ada
- 2 Data Sekunder
 - Data curah hujan harian
 - Peta topografi.

d. Metode Analisis

- 1 Analisis Hidrologi
 - Analisis curah hujan rerata
 - Perhitungan parameter dasar statistik
 - Uji Kecocokan
 - Analisis periode kala ulang curah hujan
 - Perhitungan debit curah hujan
- 2 Analisis Hidrolika
 - Pemodelan Menggunakan Software HEC-RAS 4.1.0

3. Hasil dan Pembahasan

a. Kondisi Eksisting

Tabel 2. Dimensi Saluran dari Survey di Lapangan

No	STA (m)	H (m)	B (m)	H (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	n	S (m)
1	0	0,80	1,00	0,20	0,80	1,50	0,85	0,17	0,060
2	300	0,80	1,00	0,20	0,80	1,50	0,85	0,17	0,060
3	600	0,90	1,00	0,25	0,75	1,50	0,80	0,17	0,062
4	900	0,80	0,90	0,20	0,80	1,60	0,75	0,17	0,007
5	1200	0,80	0,90	0,20	0,75	1,50	0,85	0,17	0,006
6	1500	1,00	1,00	0,25	0,70	1,50	0,90	0,14	0,013
7	1800	1,00	1,00	0,20	0,80	1,60	0,75	0,17	0,025
8	2100	1,20	0,80	0,20	0,80	1,70	0,75	0,17	0,010
9	2400	1,00	0,90	0,20	1,00	1,60	0,70	0,17	0,023
10	2700	0,90	0,90	0,25	1,00	1,50	0,85	0,14	-0,011
11	3000	0,80	1,00	0,25	0,90	1,50	0,85	0,14	-0,004
12	3300	0,80	1,00	0,25	0,80	1,50	0,70	0,17	0,053
13	3600	0,90	1,00	0,25	0,75	1,60	0,90	0,17	0,000

b. Analisis Hidrologi

- Analisis Curah Hujan Rerata
Dalam perencanaan drainase kawasan, perlu diketahui besarnya curah hujan yang mewakili kawasan tersebut. Metode yang digunakan untuk perhitungan adalah Metode Aritmatika.
- Pemilihan Jenis Distribusi

Tabel 3. Pemilihan Jenis Distribusi

Pemilihan Jenis Distribusi				
No	Jenis Distribusi	Syarat	Hitungan	Hasil
1	Normal (Gauss)	$C_k = 3, C_s = 0$	$C_k = 4,3942$ $C_s = 0,61$	Tidak memenuhi
2	Log Normal	$C_s = 3, C_v =$ nilai C_s kira-kira sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi C_v .	$C_s = 27,097$	Tidak memenuhi
3	Gumbel	$C_k \leq 5.4002 ; C_s \leq 1.1395$	$C_k = 4,3942$ $C_s = 0,61$	Kurang memenuhi
4	Log Pearson Type III	$C_s \neq 0$	$C_s = 27,097$	Memenuhi

Sumber : SNI 03-2415-2016

Dari tabel 3. bahwa distribusi Normal, Gumbel dan Log Normal tidak memenuhi nilai sifat distribusi dan yang memenuhi nilai sifat distribusi adalah Distribusi Pearson Tipe III

- Uji Kecocokan
 1. Uji chi-kuadrat

Tabel 4. Hasil Data Curah Hujan Kecamatan Lokasi Penelitian

No	Tahun	O_i	$E_i = \sum \frac{O_i}{n}$	X_h^2
1	2010	271	303,2	3,42
2	2011	257	303,2	7,04
3	2012	187	303,2	44,53
4	2013	309	303,2	0,11
5	2014	412	303,2	39,04
6	2015	433	303,2	55,56
7	2016	304	303,2	0,00
8	2017	262	303,2	5,59
9	2018	284	303,2	1,21
10	2019	313	303,2	0,31
Jumlah Total		3.032		156,81

Dari perhitungan Tabel 4 diperoleh rata-rata curah hujan harian = 443,608 dibagi dengan 12 yaitu 36,96 mm/bulan, dan dibagi lagi 30 yaitu 1,23 mm/hari, atau sama dengan 0.00123 m/hari.

2. Intensitas Curah Hujan Rencana

Tabel 5. Rekapitulasi Intensitas Hujan Tahun 2010 – 2029

Tahun	Curah Hujan Maksimum (Xi)	Intensitas Curah Hujan (mm/hari)	Kumulatif Intensitas Curah Hujan (mm/hari)
2010	271	6,09	6,09
2011	257	5,78	11,87
2012	187	4,20	16,07
2013	309	6,95	23,02
2014	412	9,26	32,28
2015	433	9,74	42,02
2016	304	6,84	48,86
2017	262	5,89	54,75
2018	284	6,39	61,14
2019	313	7,04	68,18
2021	324	7,29	75,47
2024	292	6,57	82,04

2029	389	6,39	88,43
Max	433	9,74	
Rata-rata	310,53	6,80	

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa curah hujan tertinggi tahun 2015 yaitu 433 mm sedangkan curah hujan yang paling rendah pada tahun 2012 adalah 187 mm dan rata – rata curah hujan sebesar 310,53 mm. Untuk intensitas hujan tertinggi tahun 2015 yaitu 9,74 mm/hari sedangkan intensitas hujan yang paling rendah pada tahun 2012 adalah 4,20 mm/hari dan rata – rata intensitas hujan sebesar 6,80 mm/hari.

- Analisis Periode Kala Ulang Curah Hujan

Dengan distribusi Log Pearson III (Tabel 4.4) dan nilai K untuk distribusi Log Pearson III terlampir, maka dapat dicari curah hujan dengan periode ulang tertentu dengan menggunakan rumus Log Normal, kemudian dapat kita konversi kedalam perhitungan Log Pearson III,

Tabel 6. Tinggi Hujan pada Jam ke – T

Nilai (X_T)	Kata Ulang (T)			
	2	5	10	25
X_T	291,071	354,813	394,457	443,608

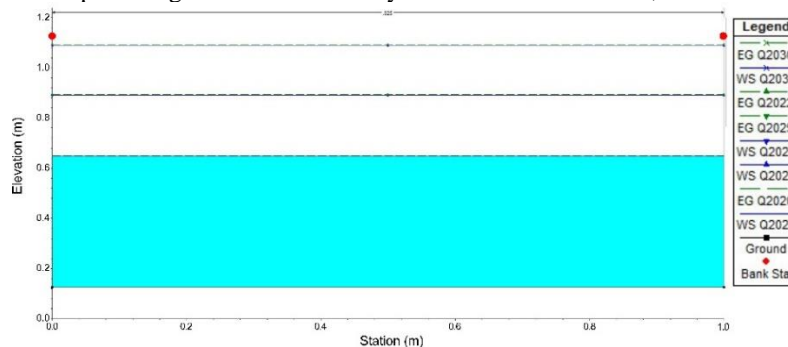
- Perhitungan Debit Curah Hujan

Tabel 7. Debit Rencana

Debit Rencana Saluran Kanan			
Q hujan 2019 (m^3/det)	Q hujan 2021 (m^3/det)	Q hujan 2024 (m^3/det)	Q hujan 2029 (m^3/det)
56,23	62,24	67,66	72,93

c. Hasil Perhitungan Software HEC-RAS 5.0.7

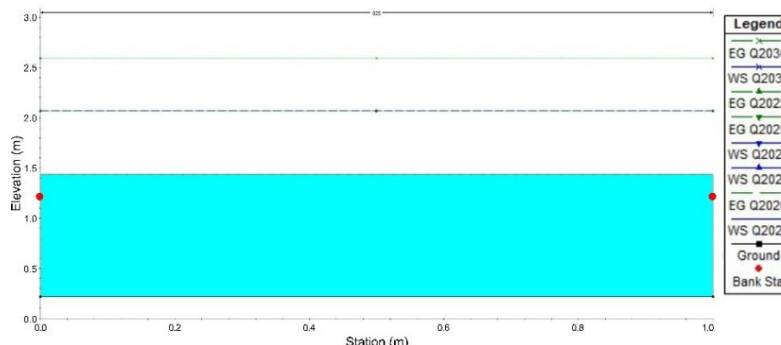
Langkah terakhir dalam pemodelan hidraulik dengan HEC-RAS adalah menampilkan hasil perhitungan. Untuk menampilkan hasil output dari perhitungan tersebut semuanya berada dibawah View,



Gambar 2. View Cross Selection STA 0

Sumber : Analisis HEC – RAS 5.0.7, 2021

Pada STA 0 dapat dilihat bahwa saluran dengan debit banjir rencana $Q_{2019} = 57,84 m^3/s$, $Q_{2021} = 64,10 m^3/s$, $Q_{2024} = 69,52 m^3/s$, $Q_{2029} = 74,79 m^3/s$. Sedangkan debit saluran $Q_{2,44} m^3/s$ diketahui lebih besar dibandingkan dengan debit banjir rencana sehingga tidak mengalami limpasan. Dimana muka air banjir (MAB/W.S Elv) pada tahun 2029 setinggi 1,19 m dibawah batas ground bank channel yaitu 1,3 m dan dinyatakan AMAN.



Gambar 3. View Cross Selection STA 600

Sumber : Analisis HEC – RAS 5.0.7, 2021

Pada STA 600 dapat dilihat bahwa saluran dengan debit $Q_{2019} = 57,84 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{2021} = 64,10 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{2024} = 69,52 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{2029} = 74,79 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan debit saluran $Q_{2,44} \text{ m}^3/\text{s}$ diketahui lebih kecil dibandingkan dengan debit banjir rencana sehingga mengalami limpasan. Dimana muka air banjir (MAB/W.S Elv) pada tahun 2029 setinggi 1,4 m, diatas batas ground bank channel yaitu 1 m maka dinyatakan TIDAK AMAN.

Tabel 7. Hasil software HEC – RAS 5.0.7

Sta Drainage	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min El Ch (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	V El Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Q Channel (m ³ /s)
3600	Q 2019	2,99	19,30	1,29	1,29	1,63	2,72	1,20	2,51
3300	Q 2019	2,99	17,90	1,03	1,03	1,35	2,60	1,26	2,79
3000	Q 2019	2,99	17,10	0,97	0,97	1,45	3,09	0,97	2,99
2700	Q 2019	2,99	15,90	1,73	1,08	1,84	1,57	2,11	2,33
2400	Q 2019	2,99	15,20	2,43	0,68	2,47	1,04	3,37	2,24
2100	Q 2019	2,99	15,10	1,81	1,37	2,54	1,24	2,66	1,45
1800	Q 2019	2,99	14,80	2,68	1,22	2,78	3,17	3,03	1,45
1500	Q 2019	2,99	15,60	1,43	1,43	1,84	2,58	1,06	1,27
1200	Q 2019	2,99	14,20	0,97	0,97	1,45	3,09	0,97	2,99
900	Q 2019	2,99	11,20	1,11	1,11	1,44	2,58	1,23	2,96
600	Q 2019	2,99	6,50	2,47	0,61	0,92	2,46	1,22	3,17
300	Q 2019	2,99	3,50	0,97	0,97	1,45	3,09	0,97	2,92
0	Q 2019	2,99	0,00	0,97	0,97	1,45	3,09	0,97	2,92

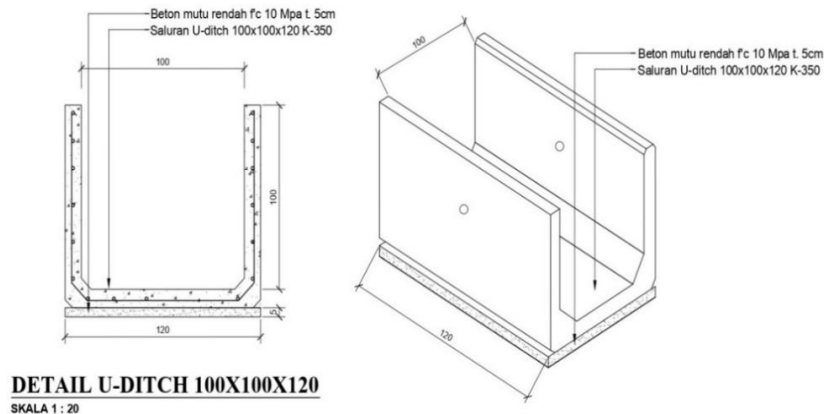
Dari hasil *running compute software* HEC – RAS 5.0.7 dapat dilihat pada Tabel 7 untuk debit banjir rencana pada tahun 2019 $Q_{2,99} \text{ m}^3/\text{s}$ tidak bisa dialirkan pada saluran Jalan Raya Mayong - Bakalan dimana Q saluran rata – rata adalah $2,44 \text{ m}^3/\text{s}$. Pada kolom kecepatan terlihat bahwa kecepatan aliran tidak stabil atau tidak konstan dari hulu ke hilir dimana pada Sta. 600, kecepatan aliran = $2,46 \text{ m/s}$, Sta. 1500 = $2,58 \text{ m/s}$, dan pada Sta. 0 = $3,09 \text{ m/s}$, kecepatan aliran yang tidak konstan tersebut bisa disebabkan karena dimensi saluran yang berbeda dan elevasi dari hulu ke hilir yang tidak stabil tinggi ke rendah. Untuk muka air banjir (W.S. Elv) yang paling tinggi adalah pada Sta. 1800 yaitu $2,68 \text{ m}$ dari dasar saluran, dengan kecepatan aliran sebesar $3,17 \text{ m/s}$.

d. Rencana Dimensi Saluran Drainase Terbuka (U-ditch)

Saluran drainase di sepanjang jalan Mayong - Bakalan umumnya berupa saluran terbuka dikarenakan mudah dalam pengoperasian dan pemeliharaan. Namun pada saluran tertentu menjadi saluran tertutup dikarenakan alasan keamanan, keindahan dan pelebaran jalan. Saluran primer di sepanjang jalan Mayong- Bakalan mengikuti jalan utama atau jalan provinsi dan menuju aliran sungai besar Bakalan.

Pengaliran pada saluran drainase pada dasarnya secara alamiah mengikuti kondisi topografi yang ada, yaitu mengikuti kontur alami dari tanah. Pengaliran secara gravitasi tersebut dinilai sangat menguntungkan karena tidak adanya upaya penambahan lahan urugan atau pemotongan pada jalur tanah (cut and fill).

Dari hasil analisis software HEC –RAS 5.0.7 bahwa saluran pada Jalan Raya Mayong – Bakalan diperlukan adanya perencanaan dimensi baru. Untuk itu dapat direncanakan dengan drainase U-ditch dengan ukuran dimensi $b = 1$ dan $h = 1 \text{ m}$ dengan kekasaran manning $0,014$ dan kemiringan saluran sudah disesuaikan dengan elevasi muka tanah.



Gambar 4. Penampang Melintang Saluran Persegi

Tabel 8. Hasil Analisis Saluran Drainase dengan Dimensi Baru

Sta Drainage	Profile	Elev	Q Total	Vel Chnl	Flow Area	Q Channel	Keterangan
3600	Q 2029	105.97	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
3300	Q 2029	107.29	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
3000	Q 2029	108.61	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
2700	Q 2029	109.93	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
2400	Q 2029	111.25	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
2100	Q 2029	112.58	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
1800	Q 2029	113.9	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
1500	Q 2029	115.22	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
1200	Q 2029	116.54	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
900	Q 2029	117.86	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
600	Q 2029	119.19	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
300	Q 2029	120.51	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi
0	Q 2029	122.66	2,99	2,91	1,03	4,9	Memenuhi

4. Simpulan

- Berdasarkan hasil pengukuran elevasi di lapangan, maka dapat diketahui arah pada pembagian beberapa STA dengan 3 titik saluran pembuangan aliran drainase yakni pada STA 0,00-600 dan STA 600-1.200 dialirkan menuju sungai Mayong, kemudian pada STA 1.200-1.800 dan STA 1.800-2.400 dialirkan menuju sungai Pelang, dan untuk STA 2.400-3.600 menuju ke Jembatan Bakalan sebagai pembuangan akhir atau muara drainase. Untuk muka air banjir (W.S. Elv) yang paling tinggi adalah pada Sta. 1800 yaitu 2,68 m dari dasar saluran, dengan kecepatan aliran sebesar 3,17 m/s.
- Dari hasil perhitungan debit saluran diatas, maka didapatkan besarnya aliran permukaan terhadap penggunaan lahan eksisting yakni nilai debit rencana (Q_p) = 1,03 m²/detik, dan nilai debit aliran didalam saluran (Q_r) = 8,26 m²/detik. Dan dari hasil perencanaan tersebut menghasilkan debit banjir rencana Q 2019 57,84 m³/s, Q 2021 64,10 m³/s, Q 2024 69,52 m³/s, dan Q 2029 74,79 m³/s. sedangkan pada software HEC - RAS 5.07 menghasilkan debit saluran rata - rata Q 2,44 m³/s .
- Dari hasil analisis software HEC -RAS 5.0.7 bahwa saluran pada Jalan Raya Mayong - Bakalan diperlukan adanya perencanaan dimensi baru. Untuk itu dapat direncanakan dengan drainase U-ditch dengan ukuran dimensi b = 1 m dan h = 1 m dengan kekasaran manning 0,014 dan kemiringan saluran sudah disesuaikan dengan elevasi muka tanah yakni sebesar 2,75%. Penampang ini memenuhi kapasitas debit rencana dan debit aliran dan dengan mempertimbangkan keefektifan bahan material beton dan juga efisiensi waktu yang direncanakan.

Daftar Pustaka

- [1] Amrulloh, M., Widiarti, W. Y., & Halik, G. (2021). *Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Jalan Kaliurang Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember*. 12(2), 81–91.
- [2] Amin, Ubaidillah. 2014. *Evaluasi Sistem Drainase Jalan Jawa Kecamatan Sumber Sari Kabupaten Jember*. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2415:2016 - Tata cara perhitungan debit banjir rencana*.
- [4] Dewansyah, Ismawan. (2018). *Analisis dan Perencanaan Sistem Drainase di Jl. Raden Gunawan 2 Kecamatan Rajabasa Kota Bandar Lampung*. Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [5] Dika Putra Pratama, Dr. Ir. Yayuk Sri Sundari. MT, & Heri Purnomo. ST. MT. (2019). *Perencanaan Saluran Drainase Ekonomis Jalan Parikesit Ii Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan Palaran Kota Samarinda*. 1–10.
- [6] Haryono, Sukarto. (1999). *Drainase Perkotaan*. PT. Mediatama Saptakarya. Jakarta.
- [7] Hasmar, Halim. (2012). *Drainase Terapan*. UII Press Yogyakarta Yogyakarta.
- [8] Hasmar, H. (2002). *Drainasi Terapan*.
- [8] Indarto. (2010). *Hidrologi Dasar Teori dan Aplikasi Model Hidrologi*. Bumi Aksara. Jakarta.
- [10] Khirzin, R. H., Raka, R. R., Sangkawati, S., & Wulandari, D. A. (2017). Perencanaan Drainase Jalan Pahlawan Dan Jalan Sriwijaya, Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6 (1), 206–219.
- [11] Kusuma Dewi, A., Setiawan, A., Saido, A. P., Fakultas Teknik, M., Teknik Sipil, J., & Sebelas Maret, U. (2014). Evaluasi Sistem Saluran Drainase Di Ruas Jalan Solo Sragen Kabupaten Karanganyar. *Maret*, 2(1), 170.
- [12] Pane, Y. F., Hasiholan, F., Sachro, S. S., & Pranoto, S. A. (2016). Perencanaan Drainase Jalan Raya Semarang - Bawen Km 12+400 - Km 16+600 (Jamu Jago - Balai Pelatihan Transmigrasi Dan Penyandang Cacat Jateng). *Karya Teknik Sipil*, 5, 179–189.
- [13] Permata Prameswari. (2017). *Perencanaan Drainase Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya Tahap 3 (STA 4+000 Sampai Dengan 11+502.94)*. 3, 111.
- [14] Prameswari, Permata. 2017. *Perencanaan Drainase Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya Tahap 3 (STA 4+000 sampai dengan 11+502.94)*. Tugas Akhir. Program S1 Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [15] Pratama, Dika P. 2017. “*Perencanaan Saluran Drainase Ekonomis Jalan Parikesit II Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan Palaran*” Kota Samarinda. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945. Samarinda.
- [16] SNI 2415 : 2016. (2016). *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Badan Standardisasi Nasional. Bandung.
- [17] Soemarto, C. D. (1995). *Hidrologi Teknik (Edisi ke-2)*. Jakarta. Erlangga.
- [17] Suripin, (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- [18] Triatmodjo, Bambang. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- [19] Wesli. I. (2008). *Drainase Perkotaan*, Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [20] Yudaningrum, F., & Ikhwanudin, I. (2017). Identifikasi Jenis Kerusakan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Kedungmundu-Meteseh). *Teknika*, 12(2), 16–23. <https://doi.org/10.26623/teknika.v12i2.638>