

## EVALUASI SALURAN DRAINASE AKIBAT SEDIMENTASI DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS (CASE STUDY ON JALAN DR. SUTOMO)

### *DRAINAGE CHANNEL EVALUATION DUE TO SEDIMENTATION USING THE HEC-RAS PROGRAM (CASE STUDY ON ROAD DR. SUTOMO)*

Khotibul Umam<sup>1</sup>, M.Tsubutus Surur Al Misbah<sup>2\*</sup>, Decky Rohmanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara

Email : <sup>2\*</sup>almisbah11111@gmail.com

\*Penulis Korespondensi

**Abstrak** - Banjir sebagai salah satu peristiwa alam yang dapat merugikan manusia, banjir yang terjadi yaitu berupa luapan air dan akan menggenangi daratan rendah atau cekungan. Banjir juga dapat terjadi akibat dari air hujan yang terperangkap dalam suatu cekungan yang menjadi genangan, serta akibat dari wadah penampungan air yang sudah tidak dapat lagi menampung banyaknya air yang masuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1). Untuk mengetahui hasil evaluasi saluran drainase di Jalan Dr Sutomo Kabupaten Jepara (2). Untuk mengetahui hasil evaluasi saluran drainase di Jalan Dr Sutomo Kabupaten Jepara pada kondisi existing dengan program HEC- RAS (3). Untuk Memberikan solusi mengatasi banjir di Jalan Dr Sutomo Kabupaten Jepara. Metode pengumpulan data yang dilakukan yaitu (1). Survey lapangan (2). Pengumpulan data primer dan data sekunder (3). Pengecekan kelengkapan data (4). Menganalisa dan mengevaluasi data menggunakan Software HEC-RAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas drainase di jalan Dr Sutomo memiliki debit sebesar 0.52 m<sup>3</sup>/det atau setara dengan 52 liter/det. Menunjukkan bahwa dengan kondisi drainase yang akan datang ini tidak dapat menampung debit air yang masuk. Karena debit air max hasil perhitungan HEC-RAS adalah sebesar 11.86 m<sup>3</sup>/det atau 11860 liter/det.

**Kata kunci:** Evaluasi; Drainase; Sedimentasi; HEC- RAS;

**Abstract** - Flooding is one of the natural events that can be detrimental to humans. The flood that occurs is in the form of an overflow of water and will inundate lowlands or basins. Floods can also occur as a result of rainwater being trapped in a basin that becomes a puddle or as a result of a water storage container that can no longer accommodate the amount of water that enters it. This study aims to determine: (1). To find out the results of the evaluation of drainage canals on Road Dr. Sutomo, Jepara Regency (2). To find out the results of the evaluation of drainage canals on Road Dr. Sutomo, Jepara Regency, in the existing conditions with the HEC-RAS program (3). To provide solutions to overcome flooding on Road Dr. Sutomo, Jepara Regency. The data collection method used is (1). Field survey (2) Collection of primary data and secondary data (3). Checking data completeness (4). Analyze and evaluate data using HEC-RAS Software. The results showed that the drainage capacity on Road Dr. Sutomo has a discharge of 0.52 m<sup>3</sup>/s, or the equivalent of 52 liters/s. Shows that with this future drainage condition, it cannot accommodate the incoming water discharge. Because the maximum water discharge from the HEC-RAS calculation is 11.86 m<sup>3</sup>/sec, or 11860 liters/sec.

**Keywords:** Evaluation; Drainage; Sedimentation; HEC-RAS;

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



## 1. PENDAHULUAN

Banjir sebagai salah satu peristiwa alam yang dapat merugikan manusia, banjir yang terjadi yaitu berupa luapan air dan akan menggenangi daratan rendah atau cekungan. Banjir juga dapat terjadi akibat dari air hujan yang terperangkap dalam suatu cekungan yang menjadi genangan, serta akibat dari wadah penampungan air yang sudah tidak dapat lagi menampung banyaknya air yang masuk. Di Jepara sendiri ada beberapa daerah yang terkena

banjir yang diakibatkan oleh sistem drainase yang buruk, diantaranya adalah di Jalan Dr Sutomo, Kecamatan Jepara, Kabupaten Jepara. Banjir ini mengganggu transportasi jalan di daerah dekat jalan tersebut. Banjir disini selalu terjadi bila terjadi hujan yang intensif. Ketika banjir terjadi maka perekonomian warga yang melintasi jalur tersebut akan terganggu, seperti adanya genangan di jalan yang mengakibatkan lubang-lubang ditengah jalan maupun pingir jalan. Ini akan mengakibatkan berbagai jenis kerugian bagi pengguna jalan seperti kerusakan terhadap roda kendaraan dan bahkan bisa menimbulkan kecelakaan. Hal ini dirasakan oleh masyarakat yang akan menuju kawasan perkotaan, sehingga perjalanan sedikit terganggu oleh adanya banjir di daerah tersebut. Selain rusaknya jalan, banjir juga menyebabkan menurunnya fungsi *drainase*.

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

- a. Untuk mengetahui hasil evaluasi saluran drainase di Jalan Dr Sutomo Kabupaten Jepara.
- b. Untuk mengetahui hasil evaluasi saluran drainase di Jalan Dr Sutomo Kabupaten Jepara pada kondisi *existing* dengan program *HEC- RAS*
- c. Untuk Memberikan solusi untuk mengatasi banjir di Jalan di Jalan Dr Sutomo Kabupaten Jepara

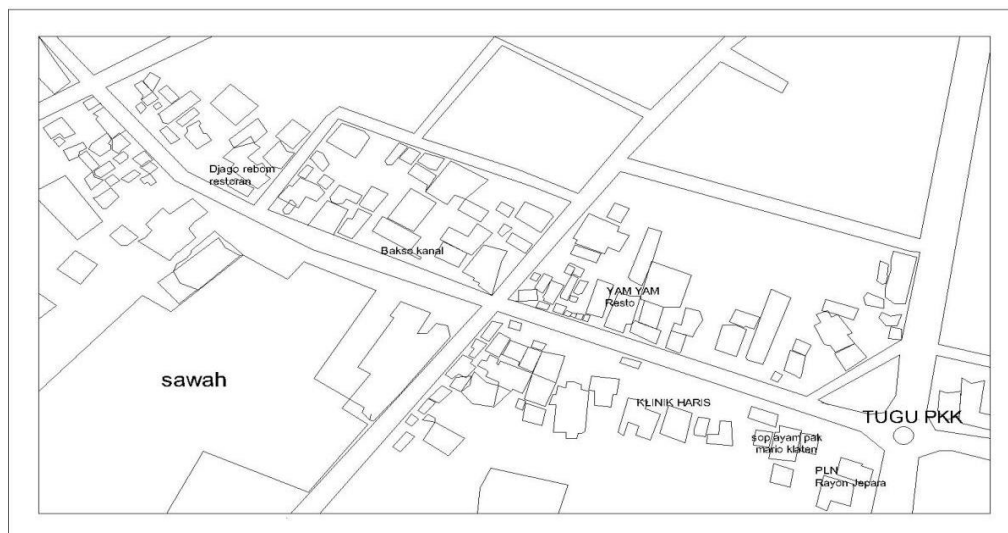
## 2. METODE PENELITIAN

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.

### 2.1. LOKASI PENELITIAN

Alamat : Jalan Dr Sutomo, Kauman, Kabupaten Jepara

Titik Koordinat :  $6^{\circ}35'33.49''S$  dan  $110^{\circ}39'49.10''T$ .



Gambar 1. Peta Jalan Dr Sutomo

### 2.2. METODE ANALISA

#### a) Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengumpulkan data/informasi yang akan digunakan dalam penelitian, informasi ini didapatkan dari *DPUPR Kabupaten Jepara*. Metode pengumpulan data yang dilakukan yaitu dari studi literatur, pengumpulan data dari instansi terkait dan pengamatan langsung di lapangan.

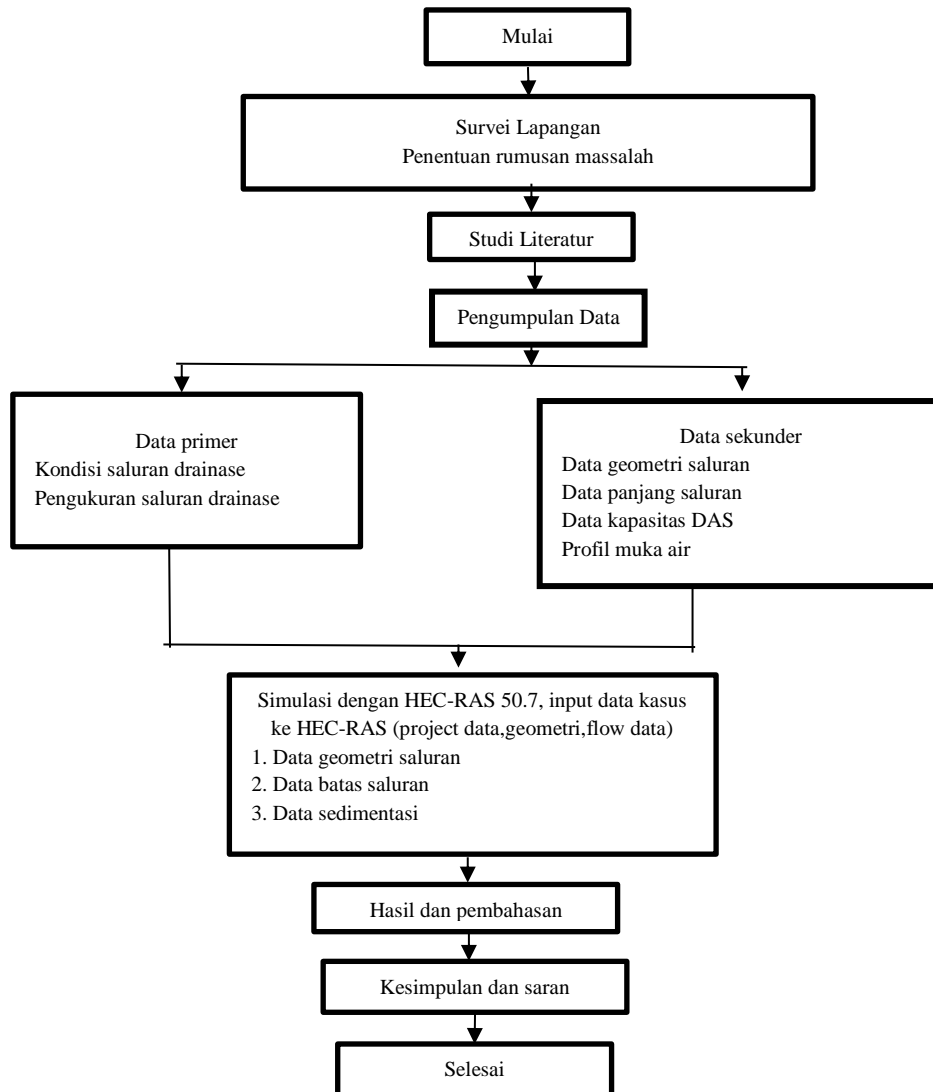
#### 1. Persiapan Penelitian

Langkah awal yang dilakukan sebelum penelitian yaitu persiapan penelitian yang meliputi perlengkapan alat penelitian, mencari literatur yang sesuai dengan penelitian, mencari permasalahan yang terjadi pada saluran maupun pada sistem pengaturan pintu air, melihat kondisi di sekitar lokasi studi kasus, mengurus surat ijin penelitian dan melakukan konsultasi dengan pembimbing.

#### 2. Data Primer

Data primer yang digunakan berupa kondisi lapangan yang diambil dengan pengukuran langsung maupun pendokumentasian, tujuannya agar mengetahui kondisi eksisting pada studi kasus.

3. Data Sekunder  
Data sekunder ini digunakan sebagai pendukung data primer yang didapatkan dari kajian laporan, jurnal, dan data dari instansi terkait. Data sekunder dari Balai PSDA/DLH.
- b) Alat Penelitian
- Penelitian ini menggunakan alat sebagai berikut:
1. Software *HEC-RAS* untuk simulasi analisis hidrolika, untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada Gambar 3.3 Program *HEC-RAS 5.0.7*.
  2. Laptop untuk menjalankan program *HEC-RAS*, *Microsoft word*, *Microsoft excel* dan *AutoCAD*.
  3. Waterpass untuk melakukan pengukuran lebar dan kedalaman saluran drainase yang akan diteliti.
  4. Roll meter untuk mengukur penampang talang dilapangan.



Gambar 2. Diagram alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. ANALISA HIDROLOGI

Analisa hidrologi digunakan untuk menentukan debit air maksimal yang digunakan untuk menentukan debit banjir rencana. Debit banjir rencana ini memiliki pengaruh terhadap konstruksi yang sudah ada atau yang akan dibangun agar aman dari banjir. saluran drainase yang ada merupakan saluran drainase terbuka dan sistem pengalirannya dialirkan ke laut. Berdasarkan fungsinya drainase ini termasuk dalam kategori drainase perkotaan. Data curah hujan yang dipergunakan adalah data curah hujan dengan rentan waktu 10 tahun di wilayah Kecamatan Jepara, data ini diperoleh dari DPUPR Kabupaten Jepara.

**Tabel 1.** Data Curah Hujan Kecamatan Jepara

No	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2012	88.025
2	2013	139.58
3	2014	152.4
4	2015	147.1
5	2016	222.7
6	2017	246.8
7	2018	168.9
8	2019	154.17
9	2020	203.67
10	2021	229

### 3.2. PEMILIHAN JENIS SEBARAN

Pemilihan jenis sebaran ini diperlukan untuk mengetahui suatu rangkaian data yang cocok untuk sebuah sebaran tertentu dan tidak cocok untuk sebaran yang lain.

Jika  $C_s > 1.0$  : maka sebaran mendekati sebaran gumbel

Jika  $C_s < 1.0$  : maka sebaran mendekati sebaran *log pearson III*

Jika  $C_s = 1.0$  : maka sebaran mendekati sebaran normal

**Tabel 2.** Parameter Statistik Curah Hujan

Parameter statistik curah hujan(2.35)						
No	Tahun	$X_i$	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^3$	$(x_i - \bar{x})^4$
1	2012	88.025	-87	7.605	-663.272	57.843.583
2	2013	139.58	-36	1.271	-45.326	1.616.060
3	2014	152.4	-23	521	-11.906	271.873
4	2015	147.1	-28	792	-22.270	626.552
5	2016	222.7	47	2.253	106.939	5.075.890
6	2017	246.8	72	5.122	366.531	26.231.000
7	2018	168.9	-6	40	-254	1.610
8	2019	154.17	-21	444	-9.347	196.881
9	2020	203.67	28	809	22.992	653.798
10	2021	229	54	2.891	155.421	8.356.314
Jumlah		1.752	0	21.747	-100.490	100.873.561
$\bar{x}$		175,2345	0			

Tabel 3. Parameter Statistik Curah Hujan Log

Parameter Statistik Curah Hujan							
No	Tahun	Xi	Log xi	(log xi-log $\bar{x}$ )	(log xi- log $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	(log xi- log $\bar{x}$ ) <sup>3</sup>	(log xi- log $\bar{x}$ ) <sup>4</sup>
1	2012	88.025	1,944606	0,596993	0,356401	0,212769109	0,127022
2	2013	139.58	2,144823	0,797211	0,635545	0,506662916	0,403917
3	2014	152.4	2,182985	0,835372	0,697847	0,582962009	0,48699
4	2015	147.1	2,167613	0,82	0,6724	0,551368065	0,452122
5	2016	222.7	2,34772	1,000108	1,000215	1,000322765	1,00043
6	2017	246.8	2,392345	1,044733	1,091466	1,140290048	1,191298
7	2018	168.9	2,22763	0,880017	0,77443	0,681511516	0,599742
8	2019	154.17	2,188	0,840387	0,706251	0,593524071	0,49879
9	2020	203.67	2,308927	0,961314	0,924125	0,888375095	0,854008
10	2021	229	2,359835	1,012223	1,024595	1,037118545	1,049795
Jumlah			22,26448	8,788358	7,883275	7,194904138	6,664114
$\bar{x}$			1,347613	0,878836	0,788328	0,719490414	0,666411

Tabel 4. Jenis Distribusi

Jenis distribusi				
No	Jenis distribusi	Syarat	Hitungan	Hasil
1	Gumbel	Cs > 1.0	Cs = -1,65	Tidak memenuhi
2	Log pearson type III	Cs < 1.0	CS = 0.07	Memenuhi
3	Normal	Cs = 1.0	Cs = -1,65	Tidak memenuhi

Dari perhitungan tersebut, dapat ditarik kesimpulan analisa curah hujan rencana yang dipakai menggunakan perhitungan *log pearson III*

### 3.3. PERHITUNGAN (LOG PEARSON TYPE III)

Diambil rumus perhitungan pada bab 2 Maka, pada tabel 2.4 perhitungan untuk menentukan curah hujan rencana periode ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun.

Tabel 5. Hasil Analisa Curah Hujan Menggunakan Metode Log Pearson Type III

Periode ulang	2 tahun	5 tahun	10 tahun	20 tahun
Log $X_t$	2,22	2,582	2,771	2,972
$X_t$ mm	165,95	381,94	590,2	937,5

### 3.4. PENGELOTAN PROBABILITAS DAN UJI KECOCOKAN

Mengurutkan data curah hujan dari yang terbesar ke yang terkecil dan mengplot data probabilitas menggunakan metode *weibull* dengan rumus yang bisa dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Hasil Uji *Chi Kuadrat*

No	Tahun	$O_j$	$E_j$	$X^2$
1	2012	88.025	175.2345	43.40144995
2	2013	139.58	175.2345	7.254343997
3	2014	152.4	175.2345	2.975401783
4	2015	147.1	175.2345	4.516942808
5	2016	222.7	175.2345	12.85721467
6	2017	246.8	175.2345	29.22773181
7	2018	168.9	175.2345	0.228948469
8	2019	154.17	175.2345	2.531997763
9	2020	203.67	175.2345	4.614436103
10	2021	229	175.2345	16.49670016
$\Sigma O_j$		22,26448	$\Sigma X^2$	124.10

Diketahui  $D_k = \text{jumlah data} - 1$ , maka  $10 - 1 = 9$  dan hasil nilai chi kuadrat kritis  $X^2_{cr}$  tertentu sering diambil 5 % sehingga nilainya = 16.919 ( table 2.5 ) dan hasil perhitungan diatas didapatkan nilai  $X^2 = 124.10$ . Karena nilai  $X^2_{cr} = 16.919 < \text{nilai } X^2 = 124.10$  maka pemilihan distribusi *log pearson III* dapat diterima.

### 3.5. ANALISA INTENSITAS HUJAN

Analisis intensitas hujan diperlukan data hujan harian kemudian dikonversikan ke intensitas waktu tertentu.

Table 7. Perhitungan Intensitas Hujan

No	Tahun	Curah hujan(mm)	Intensitas hujan (mm)
1	2012	88.025	1.991078
2	2013	139.58	3.157224
3	2014	152.4	3.447205
4	2015	147.1	3.327322
5	2016	222.7	5.037353
6	2017	246.8	5.582482
7	2018	168.9	3.820426
8	2019	154.17	3.487242
9	2020	203.67	4.606905
10	2021	229	5.179855
$\Sigma I$			39.63709

### 3.6. ANALISA DEBIT BANJIR RENCANA

Perhitungan debit banjir rencana yang biasa dipergunakan menggunakan metode rasional untuk memperkirakan debit banjir.

1. Luas pengaliran saluran = 0.25 Ha
2. Panjang drainase = 350 m
3. Elevasi hulu pararel = 0,64 =  $(55+74) : 2$
4. Elevasi hilir pararel = 0,95 =  $(100+90) : 2$
5. Kemiringan saluran =  $\frac{\text{elevasi hulu-hilir}}{L} = \frac{0.95-0.64}{350} \times 100\% = 0.088\%$

Waktu konsentrasi

$$T_c = 0.0195 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

$$T_c = 0.0195 * 350^{0.77} * 0.088^{-0.385}$$

$$= 4.52 \text{ menit}$$

Pada jalan aspal menggunakan koefisien pengaliran  $C = 0.7$  .debit banjir rencana yang didapat dengan metode rasional yaitu:

$$Q_{max} = 0.00278 * C * I * A$$

$$= 0.00278 * 0.7 * 39.63 * 0.25$$

$$= 0.019 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 8. Perhitungan Debit Air Saluran Drainase

STA (m)	b (m)	h (m)	A(m <sup>2</sup> )	P	R	S	n	Q(m <sup>3</sup> /det)
0	0.47	0.23	0.094	0.84	0.10	0.088	0.014	0.42
50	0.48	0.20	0.096	0.88	0.10	0.088	0.014	0.43
100	0.49	0.30	0.147	1.09	0.134	0.088	0.014	0.81
150	1.5	0.01	0.015	1.52	0.009	0.088	0.014	0.013
200	1	0.1	0.1	1.1	0.09	0.088	0.014	0.42
250	1.47	0.07	0.1	1.61	0.062	0.088	0.014	0.33
300	1.4	0.14	0.196	1.68	0.11	0.088	0.014	0.95
350	1.4	0.12	0.168	1.64	0.10	0.088	0.014	0.76
Rata-rata								0.52

Berdasarkan data survai elevasi pada lokasi penelitian terlihat bahwa pada STA 0 memiliki ketinggian 0.055 m dan pada STA 350 m memiliki ketinggian 0.074 m dan setelah melalui perhitungan memiliki kemiringan paralel saluran pada lokasi penelitian adalah sebesar 0.088%.

### 3.7. ANALISIS SEDIMENTASI

Dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = A_{sed} \cdot P$$

Dimana :

V = Volume sedimentasi

$A_{sed}$  = luas sedimentasi

P = Panjang drainase

Tabel 9. Volume Sedimentasi Jalan Dr Sutomo

Sta	Lebar	Panjang	Tinggi Sedimen	Volume Sedimen
0	0,47	50	0,05	1,175
50	0,48	50	0,05	1,2
100	0,49	50	0,03	0,735
150	1,5	50	0,03	2,25
200	1	50	0,04	2
250	1,47	50	0,04	2,94
300	1,4	50	0,06	4,2
350	1,4	50	0,07	4,9
Jumlah	8,21			19,4

### 3.8. ANALISA DATA YANG TELAH DIDAPATKAN

Berdasarkan data survai elevasi pada lokasi penelitian terlihat bahwa pada STA 0 memiliki ketinggian 0.055 m dan pada STA 350 m memiliki ketinggian 0.074 m Dan debit air maksimal terjadi pada STA 100 yaitu sebesar 1 m<sup>3</sup>/detik

Berdasarkan analisa hidrolika yang diperoleh dari software *HEC-RAS*. Maka dapat dilihat bahwa :

Tabel 10. Perhitungan Debit Air Saluran Drainase menggunakan hec-ras

S TA (m)	b (m)	h (m)	A(m <sup>2</sup> )	P	R	S	n	Q(m <sup>3</sup> /det)
0	0.47	0.50	0.23	1.47	0.15	0.088	0.014	1.37
50	0.48	0.93	0.44	2.34	0.19	0.088	0.014	3.08
100	0.49	1.05	0.51	2.59	0.19	0.088	0.014	3.57
150	1.5	1.11	1.6	3.72	0.44	0.088	0.014	19.6
200	1	1.11	1.11	3.22	0.34	0.088	0.014	11.4
250	1.47	1.12	1.6	3.71	0.44	0.088	0.014	19.6
300	1.4	1.12	1.5	3.64	0.43	0.088	0.014	18.1
350	1.4	1.13	1.5	3.64	0.43	0.088	0.014	18.1
Rata-rata								11.86

Berdasarkan perhitungan beberapa ukuran standar U-ditch yang ada maka bisa didapatkan ukuran yang pas untuk menampung debit banjir sesuai dengan perhitungan *HEC-RAS* adalah 1.2x1.4 m

Tabel 11. Perhitungan Debit Air Dengan U-Ditch Ukuran 1.2x1.4 m

STA (m)	B (m)	h (m)	A(m <sup>2</sup> )	P	R	S	n	Q(m <sup>3</sup> /det)
0	1.2	1.4	1.68	4	0.42	0.088	0.014	19.964
50	1.2	1.4	1.68	4	0.42	0.088	0.014	19.964
100	1.2	1.4	1.68	4	0.42	0.088	0.014	19.964
150	1.2	1.4	1.68	4	0.42	0.088	0.014	19.964
200	1.2	1.4	1.68	4	0.42	0.088	0.014	19.964
250	1.2	1.4	1.68	4	0.42	0.088	0.014	19.964
300	1.2	1.4	1.68	4	0.42	0.088	0.014	19.964
350	1.2	1.4	1.68	4	0.42	0.088	0.014	19.964
Rata-rata								19.964

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan terhadap sistem drainase di jalan dr Sutomo, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Kapasitas drainase di jalan Dr Sutomo memiliki debit sebesar 0.52 m<sup>3</sup>/det atau setara dengan 52 liter/det. pada STA 0 memiliki ketinggian 0.055 m dan pada STA 350 m memiliki ketinggian 0.074 m Dan debit air maksimal terjadi pada STA 100 yaitu sebesar 1 m<sup>3</sup>/detik.
- Hasil survey yang di peroleh kemudian diaplikasikan melalui *Software HEC-RAS* menunjukkan hasil bahwa dengan kondisi drainase yang akan datang ini tidak dapat menampung debit air yang ada. Karena debit air max hasil perhitungan HEC-RAS adalah sebesar 11.86 m<sup>3</sup>/det atau 11860 liter/det. Pada saluran drainase tersebut memiliki jumlah sedimentasi yang cukup banyak sebesar 19,4 m<sup>3</sup> dengan rata-rata setiap 50 meter sebesar 2,425 m<sup>3</sup>. Saluran drainase yang ada kecil, sehingga kapasitas drainase tersebut tidak mampu menampung debit air yang ada.



- c) Dengan demikian, penanganan yang harus dilakukan untuk menangani banjir :
1. Membuat lubang untuk irigasi yang memotong trotoar dengan jarak yang cukup dekat supaya bila ada genangan di jalan tersebut bisa cepat surut
  2. Melakukan pembersihan area serta normalisasi bangunan yang akan menimbulkan kerusakan atau yang menimbulkan kerugian
  3. Pembersihan sampah daun secara berkala di sepanjang jalan Dr Sutomo
  4. Memperbesar saluran drainase menjadi dengan menggunakan beton prikes dengan ukuran U Dith 120 x 140 x 120

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alimuddin, A., 2012, Pendugaan Sedimentasi Pada DAS Mamasa Di Kab. Mamasa Propinsi Sulawesi Barat, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [2] Anisgustiani, 2020, Pengendalian Banjir Pada Sungai Dengan Analisa HEC-RAS Di Wilayah Dara Kota Bima, Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram.
- [3] Auzan, A. N., Faqih, M., Atmodjo, P. S., & Sangkawati, S. (2017). Perencanaan Drainase Kawasan Pagarsih Kota Bandung. *Jurnal. Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air. Institut Teknologi Bandung : Bandung.*, 6, 280–289.
- [4] C. D. Soemarto. Ir. B.I.E. DIPL.H. (1995). *Hidrologi Teknik Edisi Ke - 2*. Erlangga.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Cipta Karya. (1998). *Petunjuk Teknis Perencanaan Rancangan Teknik Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, Volume V. 50(2)*, 180–194.
- [6] Dian, S. W. P., Setiawan A. B., Karsinah, 2012, Dampak Sedimentasi Bendungan Soedirman Terhadap Kehidupan Ekonomi Masyarakat, Vol. 5 (2), Semarang.
- [7] Gaghana, M., Binilang, A., Hendratta, L., 2019. Analisis Kapasitas Penampang Sungai Di Kelurahan Tona 1 Kabupaten Sangihe, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol 7 (4), Manado.
- [8] Harjanto, A., Imamudin, A., 2017, Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Bodri dengan Menggunakan HEC-RAS, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, Semarang.
- [9] Hendajani, F., Sulistiyanto, A., 2017, Visualisasi Pintu Air Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Memanfaatkan NUVOTON NUC140VE3CN, STMIK Jakarta STI&K, Vol. 16 (1), Jakarta.
- [10] Ishomi, N., Raezaldhi, M. S., 2022, Analisis Hidrologi Sungai Sringin (Studi Kasus : di Wilayah Unissula), Universitas Sulatan Agung, Semarang.
- [11] Istiarto. (2014). *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika Hec-Ras Jenjang Dasar: Simple Geometry River*. 1–204.
- [12] Kasiyanti, Joko Nugroho, H. D. (1985). Kajian penanggulangan banjir kali widas kabupaten nganjuk provinsi jawa timur. *Jurnal. Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air. Institut Teknologi Bandung : Bandung*, 10, 1–16. Apriliansyah, B., 2014, Pemodelan Awal Perencanaan Bendung Gerak Karangtalundengan HEC-RAS, Universitas Brawijaya, Malang.
- [13] Larasati, T.(2018). *Analisis kelayakan kapasitas air limpasan pada drainase jalan sidik harum ujung batu kabupaten jepara*.
- [14] Mamuaya, F., Sumarauw, J., Tangkudung, H., 2019, Analisis Kapasitas Penampang Sungai Roong Tondano Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir, Universitas Sam Ratulangi Manado, Vol. 7 (2), Manado.
- [15] Marhendi, T., Ningsih, O. K., 2020, Efektivitas Operasional Pintu Saluran Sekunder Daerah Irigasi Kedung Limus, Vol. 1 (1), Purwokerto.
- [16] Martha W, A. W. (1983). *Mengenal Dasar-dasar Hidrologi*. Nova.
- [17] Mustofa, M., Kusumastuti, D., 2015, Analisis Hidrologi dan Hidrolika Pada Saluran Drainase Ramanuju Hilir Kotabumi (Menggunakan Program HEC-RAS), Universitas Lampung, Vol 3 (2), Lampung.
- [18] Nisa, A.C., 2019, Studi Perencanaan Normalisasi Kapasitas Penampang Sungai Untuk Pengendali Banjir Kali Semajid Kabupaten Pamekasan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- [19] Padli, F., Asad, N. N., 2022, Penerapan Software HEC-RAS Untuk Menghitung Angkutan Sedimen Pada Muara Sungai, Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar.
- [20] Rahmaleta, D., Program HEC-RAS 5.0.7 (Studi Kasus : Talang Air Irigasi Kali Manggis Kalijoso, Secang, Magelang), Universitas Tidar, Magelang.
- [21] Taslim, F., Sukarno, Hendratta, L., 2019, Analisis Kapasitas Penampang Sungai Ongkag Dumoga dengan Metode HSS ITB dan HEC-RAS, Universitas Sam Ratulangi Manado, Vol. 7 (8), Manado.