

Evaluasi Penanggulangan Banjir di Kecamatan Bangil Akibat Luapan Sungai Kedunglarangan

Ahmad Wisam Abdillah, Mahendra Andiek Maulana, Bambang Sarwono
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail : mahendrasipil@gmail.com

Abstrak—Banjir merupakan permasalahan yang sering terjadi pada musim penghujan. Kecamatan Bangil, Pasuruan, tidak terlepas dari masalah banjir. Banjir berasal dari luapan Sungai Kedunglarangan. Awal tahun 2020, beberapa desa di Kecamatan Bangil terendam banjir dengan tinggi genangan berkisar antara 30-50 cm. Banjir mengganggu aktivitas masyarakat terdampak karena kegiatan-kegiatan masyarakat seperti bekerja dan anak-anak sekolah terbatas. Banjir juga menggenangi area persawahan yang siap panen sehingga merugikan para petani. Metode yang dapat diterapkan untuk menanggulangi banjir tersebut adalah normalisasi dan perencanaan tanggul sungai. Kapasitas alir penampang melintang sungai dianalisa dengan dua cara, yaitu secara manual dan menggunakan program HEC-RAS. Untuk menganalisa stabilitas lereng sungai digunakan aplikasi Geo5. Dari hasil perhitungan debit banjir maksimum rencana dengan periode ulang 25 tahun diperoleh debit banjir sebesar 246,929 m³/detik. Penampang melintang sungai direncanakan menggunakan double trapesium serta penambahan perencanaan tanggul di atas tanah dasar (untuk STA 0+000 hingga STA 0+450, sedangkan STA 0+500 hingga akhir tidak direncanakan tanggul). Dimensi penampang melintang sungai setelah normalisasi yaitu lebar sungai 85 m (dengan tanggul), 76 m (non tanggul), lebar dasar sungai 12 m, lebar terasering 11 m, kedalaman muka air sungai diukur dasar sungai sebesar 6,289 m, kemiringan lereng 1:1,5 untuk lereng trapesium atas dan bawah. Dimensi tanggul memiliki lebar atas 1,00 m, lebar dasar tanggul 4,5 m, dan ketinggian tanggul 1,50 m. Pada permukaan lereng sungai memiliki stabilitas tanah yang baik. Namun saat garis kelongsoran diperbesar pada lereng berpotensi longsor. Untuk mengantisipasi kelongsoran tersebut ada beberapa alternative yaitu dengan perencanaan geotextile wovwn, pemasangan batu bronjong, perencanaan angkur, kombinasi alternative. Penanggulangan banjir ini diharapkan dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada masyarakat, terlebih lagi mampu menyelamatkan mata pencaharian masyarakat sekitar yang sebelumnya terdampak banjir tahunan karena meluapnya Sungai Kedunglarangan.

Kata Kunci—Banjir, Geo5, HEC-RAS, Hidrograf Satuan Sintetis (HSS), Normalisasi.

I. PENDAHULUAN

BANJIR merupakan salah satu permasalahan alam yang kerap menimbulkan dampak negatif di beberapa daerah terdampak. Kecamatan Bangil merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Pasuruan yang tidak terpisahkan dari permasalahan banjir. Pada musim penghujan, banjir kerap menggenangi beberapa kelurahan yang ada di Kecamatan Bangil seperti Desa Kalirejo, Desa Manaruwi, dan Desa Masangan. Banjir yang terjadi di Kecamatan Bangil ini bersumber dari meluapnya Sungai Kedunglarangan yang tidak mampu mengalirkan debit air hujan. Pada tanggal 27 Februari 2020 tercatat bahwa ketinggian banjir pada ketiga wilayah kelurahan di atas mencapai 30-50 cm. Banjir akibat luapan Sungai

Kedunglarangan ini menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat. Banjir menyebabkan area pertanian penduduk yang siap panen terendam sehingga mengakibatkan kualitas dan kuantitas gabah menurun. Selain itu, banjir juga melumpuhkan kegiatan masyarakat dalam beraktivitas sehari-hari sehingga menghambat pekerjaan masyarakat yang terdampak.

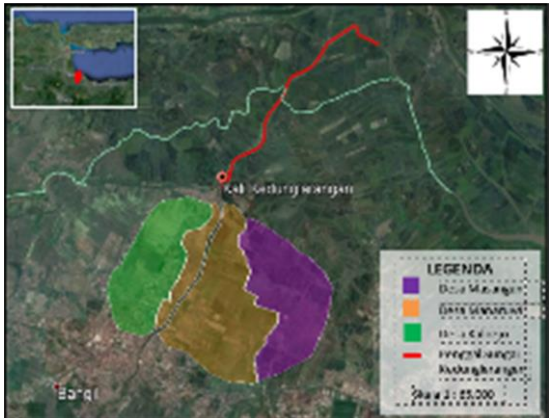
Dari penjelasan di atas tentu banjir yang terjadi di beberapa wilayah Kecamatan Bangil ini sangat merugikan. Analisa dan penanganan Sungai Kedunglarangan perlu dilakukan. Ada beberapa cara untuk mengantisipasi terjadinya banjir pada Sungai Kedunglarangan. Adapun cara yang dapat diambil antara lain normalisasi sungai, pembangunan tanggul, perencanaan boezem, dan sudetan (*short-cut*) [1]. Normalisasi sungai dan pembangunan tanggul merupakan metode untuk memaksimalkan kapasitas sungai dalam mengalirkan air. Perencanaan boezem bertujuan membagi debit sungai untuk disimpan sementara dan nantinya akan dialirkan kembali ke sungai. Adapun perencanaan sudetan (*short-cut*) bertujuan untuk membagi debit air sungai agar dapat dialirkan tanpa terjadi luapan.

Objek studi yang diambil dapat dilihat pada gambar 1, gambar 2, dan gambar 3, yaitu penggalan Sungai Kedunglarangan sepanjang 5 km. Berdasarkan pengamatan lapangan, daerah sekitar Sungai Kedunglarangan yang dijadikan sebagai objek studi merupakan area tambak dan rawa-rawa yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Dari kondisi tersebut, maka metode penanggulangan banjir dengan normalisasi dan pembangunan tanggul lebih cocok diterapkan agar dapat menanggulangi bencana banjir karena luapan Sungai Kedunglarangan. Objek studi mendapatkan volume air dari 2 aliran sungai, yaitu Sungai Kedunglarangan dan Anak Sungai Kedunglarangan. Terdapat keterbatasan dalam melakukan analisa banjir dan perencanaan normalisasi serta tanggul. Beberapa keterbatasan tersebut antara lain yaitu tidak adanya data pasang surut air laut, data tanah di lokasi studi sehingga menggunakan data tanah di lokasi lain yang cenderung homogen, serta keterbatasan data *cross section* sungai. Adanya keterbatasan tersebut dapat diatasi dengan memaksimalkan data-data yang telah diperoleh untuk dilakukan analisa lebih lanjut.

Normalisasi dan pembangunan tanggul Sungai Kedunglarangan diharapkan mampu mereduksi bahkan mengatasi permasalahan banjir yang hampir setiap tahun menggenangi beberapa wilayah Kecamatan Bangil pada saat musim hujan terjadi. Dengan adanya pengendalian banjir, maka sumber penghasilan dari sektor pertanian maupun wirausaha sebagai mata pencaharian masyarakat tidak lagi terancam akibat adanya banjir yang terjadi seperti pada tahun-tahun sebelumnya.



Gambar 1. Lokasi Obyek Studi.



Gambar 2. Lokasi Obyek Studi.



Keterangan :
— Objek Studi
— Sungai Kedunglarangan
— Anak Sungai Kedunglarangan

Gambar 3. Perolehan Air Penggal Sungai Kedunglarangan yang Digunakan sebagai Obyek Studi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Penanggulangan Banjir

Terdapat banyak sistem penanggulangan/pengendalian banjir yang bisa digunakan. Adapun beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk menanggulangi banjir adalah sebagai berikut.

- a. Perencanaan Sudetan (*Short-Cut*)
- b. Perencanaan Boezem
- c. Normalisasi Sungai
- d. Pembangunan Tanggul

Dari masing-masing alternatif harus dipilih dan disesuaikan dengan kondisi geografis obyek sungai yang akan dilakukan penanggulan terhadap banjir. Hal tersebut dilakukan agar pemilihan alternatif sesuai dan efektif untuk mengatasi permasalahan banjir.

B. Analisa Hidrologi

Di bawah ini merupakan proses analisa hidrologi. Adapun rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

1) Analisa Curah Hujan Rata-rata

Berikut merupakan beberapa metode yang digunakan untuk menganalisa curah hujan rata-rata.

a. Metode Rata-rata Aritmatika

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{N} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^n R_i \quad (1)$$

dimana :

\bar{R} : Tinggi hujan rata-rata (mm)

R_i : Tinggi hujan harian maksimum (mm)

N : Jumlah data

b. Metode Thiessen

$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2)$$

$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A} \quad (3)$$

$$\bar{R} = W_1 \cdot R_1 + W_2 \cdot R_2 + \dots + W_n \cdot R_n \quad (4)$$

dimana :

\bar{R} : Tinggi hujan rata-rata (mm)

A_n : Luas daerah yang dipikul oleh stasiun hujan n (km²)

R_n : Curah hujan pada stasiun hujan n (mm)

A : Luas total DAS sungai (km²)

W_n : Koefisien Thiessen pada stasiun hujan n.

c. Metode Isohyet

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n X_i \cdot \frac{I_i + I_{i+1}}{2} \quad (5)$$

$$X_i = \frac{A_i}{A} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1 \quad (7)$$

dimana :

\bar{R} : Hujan rata-rata (mm)

I_i dan I_{i+1} : Besarnya isohyet I_i dan isohyet I_{i+1}

A : Luas DAS sungai

N : Banyaknya daerah yang dibatasi oleh dua isohyet I_i dan isohyet I_{i+1} [2].

d. Metode Intersection Line

Metode *Intersection Line* merupakan penyederhanaan dari metode Isohyet. Cara pada metode ini adalah dengan menggambarkan *intersection line* pada DAS sungai yang telah tergambar garis Isohyet.

2) Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi digunakan untuk memilih metode analisa curah hujan maksimum rencana mana yang sesuai dengan data yang tersedia. Berikut merupakan beberapa perumusan yang digunakan dalam analisa fekuensi.

a. Nilai Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (8)$$

b. Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (9)$$

c. *Coefficient of Variation* atau Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (10)$$

d. *Coefficient of Skewness* atau Koefisien Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n \cdot \sum(X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \quad (11)$$

e. *Coefficient of Kurtosis* atau Koefisien Ketajaman (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum(X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \quad (12)$$

dimana :

- \bar{X} : nilai rata-rata data
- X : data dalam sampel
- n : jumlah sampel data
- S atau Sd : standar deviasi

3) Analisa Curah hujan Maksimum Rencana

Di bawah ini merupakan beberapa metode untuk mendapatkan analisa curah hujan maksimum rencana.

a. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd \quad (13)$$

X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

\bar{X} : harga rata-rata data curah hujan

Sd : standar deviasi

K_T : faktor frekuensi

b. Distribusi Log-Normal

$$X_T = 10^{\log \bar{X} + K_T \cdot Sd} \quad (14)$$

X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

\bar{X} : harga rata-rata data curah hujan

Sd : standar deviasi

K_T : faktor frekuensi

c. Distribusi Gumbel

$$RT = \bar{R} + K \cdot Sx \quad (15)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (16)$$

$$Y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{Tr}{Tr-1} \right) \right] \quad (17)$$

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} \quad (18)$$

dimana :

R_T : curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

R_r : curah hujan rata-rata hasil pengamatan n tahun di lapangan (mm)

K : frekuensi faktor

S_x : standar deviasi dari hasil pengamatan selama n tahun

Y_T : reduced variate

Y_n : reduce mean

S_n : reduce standar deviasi

R_i : besarnya curah hujan pada pengamatan ke i

n : jumlah pengamatan

d. Distribusi Log-Pearson Tipe III

$$Xt = \bar{X} + Kx \cdot Sd \quad (19)$$

$$Rt = \text{antilog} Xt = 10^{Xt} \quad (20)$$

dimana :

\bar{X} : rata-rata data pengamatan

Sd : standar deviasi

Xt : nilai logaritma curah hujan maksimum rencana

Rt : nilai curah hujan maksimum rencana

Kx : Koefisien Kemencengan Metode Log Pearson tipe III

4) Uji Kecocokan Sebaran

a. Uji Chi-Square

Uji *Chi-Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan disitribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi 60tatistic sampel data yang dianalisa.

$$X_h^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (21)$$

dimana :

X_h^2 : parameter chi-square terhitung

O_i : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Adapun interpretasi yang disyaratkan adalah :

1. Jika peluang lebih besar dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis dapat diterima.
2. Jika peluang lebih kecil dari 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Jika peluang bernilai diantara 1% - 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu menambah data.

b. Uji Smirnov-Kormogolof

Metode uji kecocokan distribusi ini sering juga disebut dengan uji kecocokan non-parametrik. Interpretasi data yang disyaratkan yaitu :

1. $D_{max} < D_0$, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima;
2. $D_{max} > D_0$, maka secara teoritis pula distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.

5) Kriteria Desain Penentuan Periode Ulang

Periode ulang banjir yang digunakan didasarkan pada beberapa aspek. Tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 merupakan kriteria-kriteria yang digunakan untuk menentukan periode ulang [3].

C. Analisa Debit Banjir Rencana Hidrograf Satuan Sintetis (HSS)

1) HSS Nakayasu

$$Q_p = \frac{A \cdot R_0}{3,6 \cdot (0,3T_p + T_{0,3})} \quad (22)$$

dimana :

Q_p : debit puncak banjir ($m^3/detik$)

A : Luas DAS Sungai (km^2)

R_0 : hujan satuan (mm)

T_p : tenggang waktu (*time lag*) dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam).

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

[4].

Tabel 1.

Kriteria Periode Ulang Berdasarkan Luas DAS dan Tipologi Kota				
Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	< 10	10-100	101-500	>500
Kota Metropolitan	2 th	2-5 th	5-10 th	10-25 th
Kota Besar	2 th	2-5 th	2-5 th	5-20 th
Kota Sedang	2 th	2-5 th	2-5 th	5-10 th
Kota Kecil	2 th	2 th	2 th	2-5 th

Tabel 2.

Kriteria Periode Ulang Berdasarkan Jenis Lahan		
No.	Jenis Lahan / Guna Lahan	Periode Ulang (Tahun)
1.	Jalan Tol	10
2.	Jalan Arteri	10
3.	Jalan Kolektor	10
4.	Jalan Biasa	10
5.	Perumahan	2 – 5
6.	Pusat Perdagangan	2 – 10
7.	Pusat Bisnis	2 – 10
8.	Landasan Terbang	5

Tabel 3.

Kriteria Periode Ulang untuk Perencanaan Saluran Kota		
No.	Distribusi	Periode Ulang (Tahun)
1.	Saluran Tersier	2
	Risiko Kecil	
2.	Saluran Sekunder	5
	Risiko Kecil	
3.	Saluran Primer (Induk)	10
	Risiko Besar	
4.	Atau :	5
	Luas DAS (25 – 50)Ha	
	Luas DAS (50 – 100)Ha	
	Luas DAS (100 – 1300)Ha	
	Luas DAS (1300 – 6500)Ha	(10 – 25)
		(25 – 50)

2) HSS Snyder-Alexeyev

$$Q_p = \frac{C_p \cdot A}{t_p} \tag{23}$$

dimana :

- T_p : waktu untuk mencapai puncak hidrograf satuan
- Q_p : debit puncak HSS
- C_p : koefisien karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS)
- A : luas DAS sungai

D. Analisa Kapasitas Alir Sungai Kondisi Eksisting dan setelah Normalisasi Menggunakan Rating Curve

Debit merupakan jumlah air yang mengalir di dalam saluran atau sungai persatuan waktu [5]. Metode yang umum digunakan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai (*cross section*). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertical sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air.

a. Perhitungan Kecepatan Aliran Air (Rumus Manning)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \tag{24}$$

$$R = \frac{A}{P} \tag{25}$$

dimana :

- V : kecepatan aliran air sungai masing-masing pias (m/detik)

Tabel 4.

Curah Hujan Rata-rata DAS Kedunglarangan dengan Menggunakan Metode Thiessen		
Rmax DAS Kedunglarangan		
Tahun	R (mm)	
2009	99,77516	
2010	109,98903	
2011	59,51047	
2012	72,29603	
2013	82,24974	
2014	86,56064	
2015	98,14671	
2016	131,73491	
2017	125,27793	
2018	71,50586	

Tabel 5.

Curah Hujan Rata-rata DAS Anak Kedunglarangan dengan Menggunakan Metode Thiessen		
Rmax DAS Kedunglarangan		
Tahun	R (mm)	
2009	131,000	
2010	155,000	
2011	85,000	
2012	100,000	
2013	118,000	
2014	141,000	
2015	101,000	
2016	130,000	
2017	141,000	
2018	50,000	

- n : koefisien Manning
- R : jari-jari hidraulik masing-masing pias (m)
- I : kemiringan sungai
- A : luasan basah masing-masing pias (m²)
- P : keliling basah masing-masing pias (m)

b. Menghitung Debit yang Mengalir

$$Q = A \cdot V \tag{26}$$

dimana :

- Q : debit tiap pias (m³/detik)
- A : luas masing-masing pias (m²)
- V : kecepatan aliran masing-masing pias (m/detik)

E. Analisa Kapasitas Alir Penampang dengan Program HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)* yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resource (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)* [6]. *HEC-RAS* merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*). *HEC-RAS* memiliki empat komponen model satu dimensi yaitu :

- a) hitungan profil muka air aliran permanen;
- b) simulasi aliran tak permanen;
- c) hitungan transpor sedimen; dan
- d) hitungan kualitas air

F. Analisa Stabilitas Lereng Sungai dan Tanggul

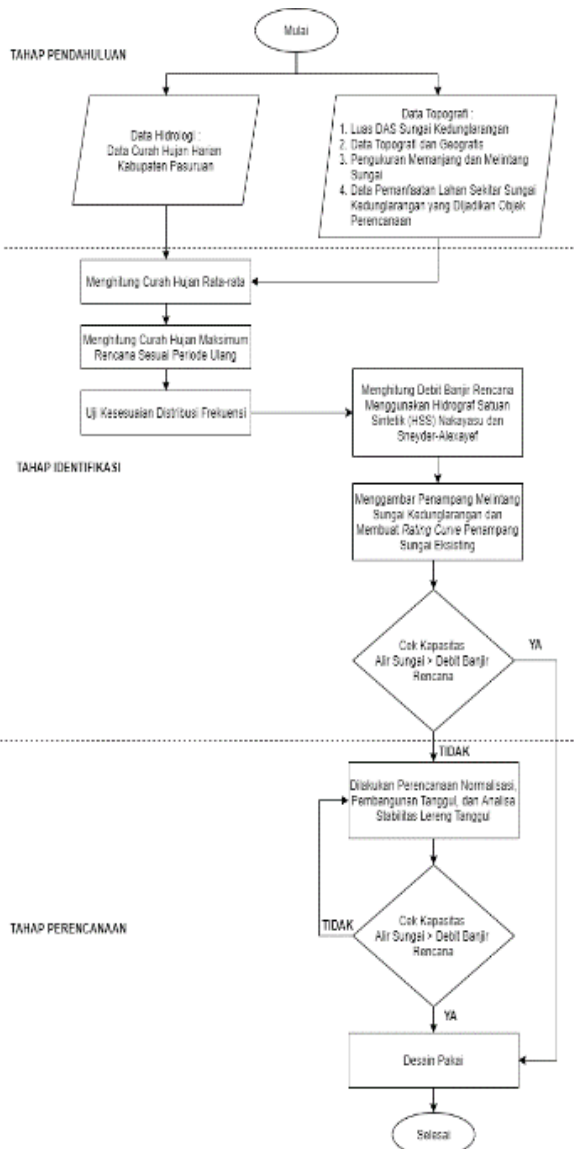
Salah satu aplikasi yang dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng adalah *Slope Stability* yang terdapat pada aplikasi *Geo5* [7]. Aplikasi ini cukup mudah digunakan dan dapat melakukan *running* sehingga dihasilkan factor keamanan eksisting pada lereng.

Tabel 6.
Hasil Analisa Frekuensi Untuk Curah Hujan Rata-Rata DAS Kedunglarangan

No	Tahun	R (mm)	Sd	Cv	$(x - \bar{x})^3$	Cs	$(x - \bar{x})^4$	Ck
1	2009	99.8			223.7		1358	
2	2010	110			4318.3		70321	
3	2011	59.5			-39981.3		1367127	
4	2012	72.3			-9812.2		210065.5	
5	2013	82.3	23.7	0.3	-1503.1	0.3	17217.4	3.1
6	2014	86.6			-364.6		2604.8	
7	2015	98.2			87.7		389.4	
8	2016	132			55003.2		2091786	
9	2017	126			31474.5		993754.5	
10	2018	71.5			-10939.3		242838.2	

Tabel 7.
Hasil Analisa Frekuensi Untuk Curah Hujan Rata-Rata DAS Kedunglarangan

No	Tahun	R (mm)	Sd	Cv	$(x - \bar{x})^3$	Cs	$(x - \bar{x})^4$	Ck
1	2009	131			3944.3		62320.1	
2	2010	155			63044.8		2509182.7	
3	2011	85			-27543.6		831817.0	
4	2012	100			-3511.8		53379.5	
5	2013	118	31.6	0.3	22.0	-0.9	61.5	4.5
6	2014	141			17173.5		443076.6	
7	2015	101			-2863.3		40658.7	
8	2016	130			3241.8		47978.5	
9	2017	141			17173.5		443076.6	
10	2018	50			-277167.8		18071341	



Gambar 4. Diagram Alir Pengendalian Banjir Sungai Kedunglarangan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dalam melaksanakan studi ini adalah seperti pada Gambar 4.

IV. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Curah Hujan Rata-rata Tahunan

Tabel 4 dan tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan curah hujan rata-rata tahunan untuk DAS Kedunglarangan maupun untuk DAS Anak Kedunglarangan.

B. Hasil Analisa Frekuensi

Tabel 6 dan tabel 7 merupakan hasil analisa frekuensi untuk curah hujan rata-rata DAS Kedunglarangan Anak Kedunglarangan. Didapatkan hasil penggunaan dan DAS masing-masing distribusi :

- a. Distribusi Gumbel Tipe I : Tidak bisa digunakan
- b. Distribusi Log Pearson Tipe III : **Bisa digunakan**
- c. Distribusi Normal : Tidak bisa digunakan
- d. Distribusi Log-Normal : Tidak bisa digunakan
- e. Distribusi Log-Normal Tipe III : Tidak bisa digunakan

Dari analisa frekuensi di atas, maka dapat ditentukan untuk perhitungan curah hujan maksimum rencana menggunakan Distribusi Log-Pearson Tipe III.

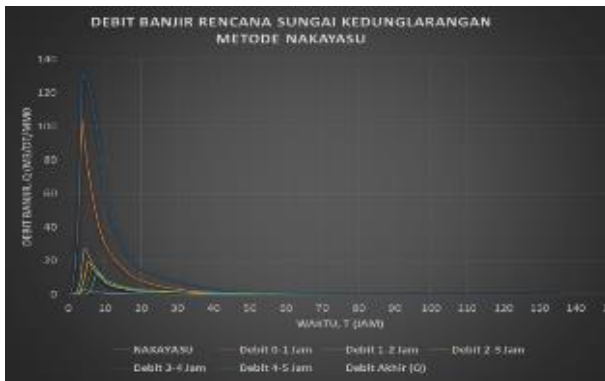
C. Hasil Curah Hujan Maksimum Rencana

Hasil perhitungan curah hujan maksimum rencana (Rmax) untuk DAS Kedunglarangan dan Anak Kedunglarangan adalah sebagai berikut.

- a. Rmax rencana DAS Kedunglarangan : 141,33 mm
- b. Rmax rencana DAS Anak Kedunglarangan : 160,01 mm

D. Hasil Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

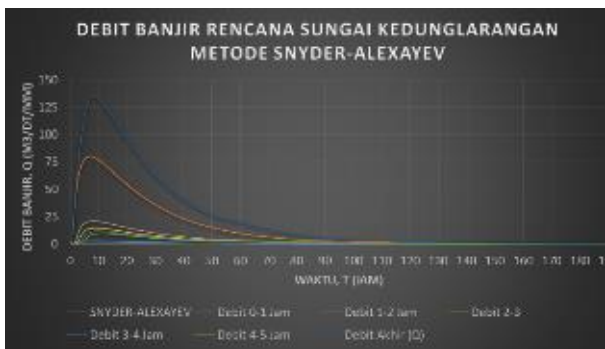
Analisa uji kesesuaian distribusi frekuensi menggunakan 2 (dua) metode, yaitu Uji Chi-Square dan Uji Smirnov-Kolmogorov. Dari hasil analisa didapatkan data yang digunakan dalam studi layak digunakan dan dianalisa lebih lanjut.



Gambar 5. Hasil HSS Nakayasu untuk DAS Kedunglarangan.



Gambar 6. Hasil HSS Nakayasu untuk Anak DAS Kedunglarangan.



Gambar 7. Hasil HSS Snyder-Alexeyev untuk DAS Kedunglarangan.



Gambar 8. Hasil HSS Snyder-Alexeyev untuk Anak DAS Kedunglarangan.

E. Hasil Analisa Distribusi Hujan

Hasil analisa distribusi hujan pada DAS Kedunglarangan maupun DAS Anak Kedunglarangan disajikan pada tabel 8 dan tabel 9.

F. Hasil Perhitungan Debit Banjir Maksimum dengan HSS

Hasil perhitungan analisa dan perhitungan debit banjir maksimum rencana menggunakan HSS ditampilkan pada gambar 5, gambar 6, gambar 7, dan gambar 8.

Tabel 8. Hasil Analisa Distribusi Hujan DAS Kedunglarangan

Periode Ulang	Reff (mm)	R' pada jam ke- (mm)				
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
25 th	56.5	0.585R	0.152R	0.107R	0.085R	0.072R
		33.061	8.593	6.028	4.799	4.052

Tabel 9. Hasil Analisa Distribusi Hujan DAS Anak Kedunglarangan

Periode Ulang	Reff (mm)	R' pada jam ke- (mm)				
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
25 th	64.0	0.585R	0.152R	0.107R	0.085R	0.072R
		37.429	9.729	6.824	5.433	4.588

Tabel 10. Data Dimensi Pakai setelah Normalisasi dan Perencanaan Tanggul

No	Uraian	Satuan	Keterangan/Nilai
1	Bentuk Penampang	-	Trapesium Ganda
2	Lebar Atas Tanggul	m	1,00
3	Lebar Bawah Tanggul	m	4,50
4	Tinggi Tanggul	m	1,50
5	Kemiringan Tanggul (bagian dalam)	-	1 : 1,5
6	Kemiringan Tanggul (bagian luar)	-	1 : 1
7	Tinggi Jagaan Sungai	m	1,00
8	Lebar Terasing	m	11,00
9	Lebar Dasar Sungai	m	12,00
10	Kemiringan Sungai (bagian atas)	-	1 : 1,5
11	Kemiringan Sungai (bagian bawah)	-	1 : 1,5
12	Lebar Sungai dengan Taggul	m	85
13	Lebar Sungai tanpa Taggul	m	76

1) Hasil HSS Nakayasu

Dari Gambar 5 didapatkan hasil debit maksimum sebesar 131,669 m³/detik. Gambar 6 didapatkan hasil debit maksimum sebesar 33,869 m³/detik.

2) Hasil HSS Snyder-Alexeyev

Dari Gambar 7 didapatkan hasil debit maksimum sebesar 135,055 m³/detik. Dari Gambar 8 didapatkan hasil debit maksimum sebesar 128,612 m³/detik.

Untuk mendapatkan nilai debit pakai, maka perlu ditinjau penggabungan debit antara Sungai kedunglarangan dengan Anak Sungai Kedunglarangan. setelah dilakukan penggabungan nilai debit, maka dilakukan analisa volume air *survace run off* (SRO). Setelah dilakukan analisa, maka didapatkan nilai debit rencana periode ulang 25 tahun sebesar 246,929 m³/detik.

G. Hasil Analisa Kapasitas Alir Penampang Eksisting Sungai Kedunglarangan

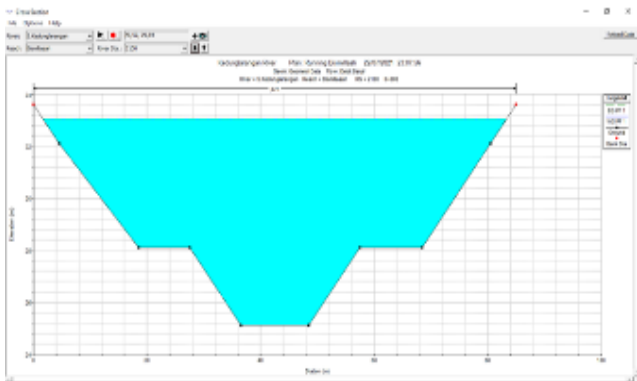
Berdasarkan analisa kapasitas eksisting penampang melintang Sungai Kedunglarangan dari STA 0+000 hingga akhir, didapatkan nilai debit terbesar yang dapat dialirkan penampang sebesar 226,851 m³/detik dan debit minimum sebesar 46,915 m³/detik.

H. Hasil Perencanaan Peningkatan Kapasitas Alir Penampang Sungai Kedunglarangan

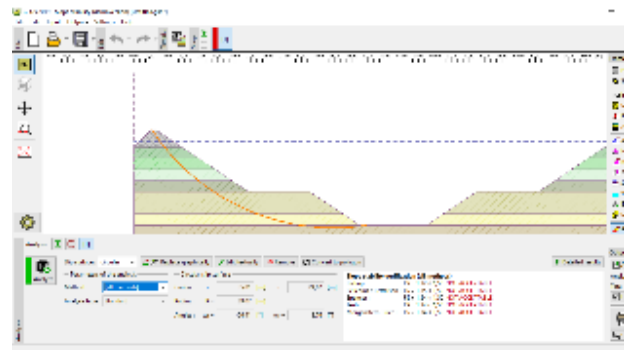
Tabel 10 menyajikan data dimensi setelah normalisasi dan perencanaan tanggul.

I. Hasil Analisa Kapasitas Alir Penampang Sungai Kedunglarangan Menggunakan Program HEC-RAS

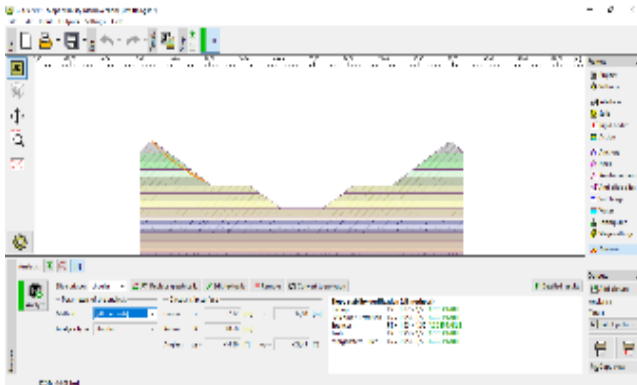
Gambar 9 merupakan hasil analisa program HEC-RAS



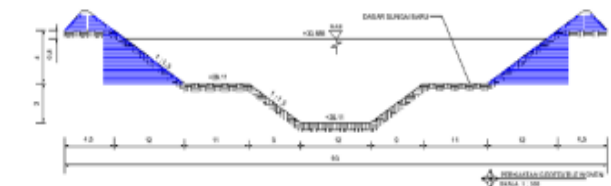
Gambar 9. Hasil *Running* Program HEC-RAS pada STA 0+000.



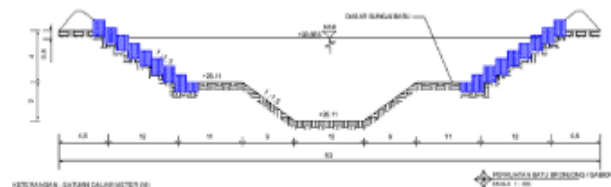
Gambar 13. Analisa Geo5 untuk Muka Air Banjir dengan Memperbesar Garis Kelongsoran.



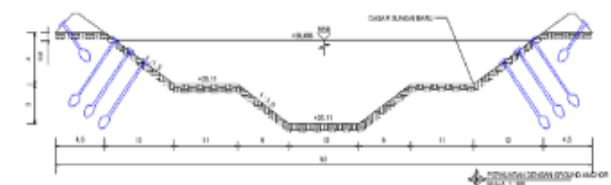
Gambar 10. Hasil Analisa Geo5 Kondisi Muka Air Sungai Rendah.



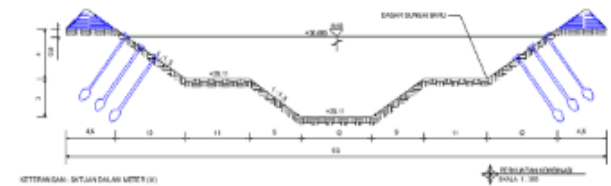
(a)



(b)

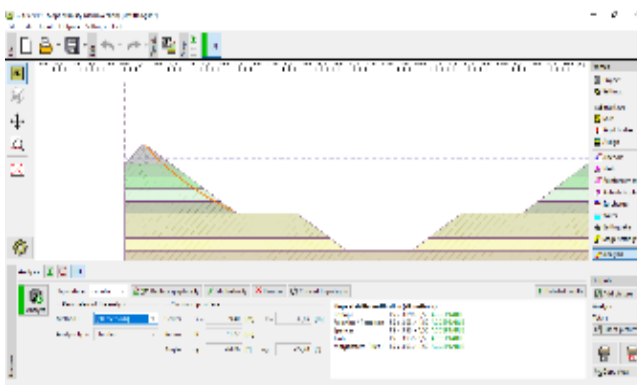


(c)

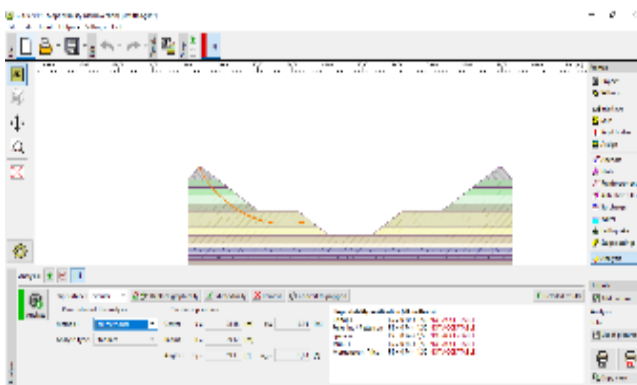


(d)

Gambar14. (a) – (d). Alternatif Perkuatan Lereng Sungai.



Gambar 11. Hasil Analisa Geo5 Kondisi Muka Air Banjir.



Gambar 12. Analisa Geo5 untuk Muka Air Sungai Rendah dengan Memperbesar Garis Kelongsoran.

terhadap kapasitas alir penampang melintang sungai setelah dilakukan normalisasi dan perencanaan tanggul. Gambar 9 menjelaskan bahwa *cross section* sungai hasil normalisasi dan perencanaan tanggul dapat menampung debit banjir maksimum rencana sehingga tidak terjadi luapan.

J. Analisa Keamanan Tebing Sungai dan Lereng Tanggul

Gambar 10, gambar 11, gambar 12, dan gambar 13 merupakan hasil analisa Geo5 untuk mendapatkan angka keamanan lereng sungai dan tanggul. Sedangkan gambar 14 akan menunjukkan alternatif perkuatan lereng sungai.

Dari gambar 10 dan 11 didapatkan hasil analisa angka keamanan lereng tanggul dan sungai lebih dari angka keamanan yang disyaratkan (> 1,50). Dapat disimpulkan bahwa lereng dalam kondisi aman atau tidak longsor. Namun jika garis kelongsoran diperbesar, maka didapatkan angka keamanan lebih kecil dari yang disyaratkan (Gambar 12 dan gambar 13). Oleh karena itu perlu direncanakan perkuatan

pada lereng sungai maupun tanggul. Adapun beberapa alternatif perkuatan lereng yang dapat digunakan adalah perencanaan geotextile, perencanaan bronjong (*gabion*), perencanaan angkur, atau kombinasi antara ketiga alternatif.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Banjir dapat terjadi kapan saja, lebih-lebih saat musim hujan. Menanggulangi banjir berarti meminimalisir atau bahkan dapat meniadakan banjir itu sendiri. Banyak cara dapat dilakukan dalam penanggulangan banjir. Namun alangkah lebih baik jika dilakukan antisipasi sebelum banjir terjadi. Analisa penanggulangan banjir akan lebih baik jika data-data pendukung lebih lengkap. Dengan demikian, proses analisa akan menghasilkan *output* lebih akurat dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. C. Putro, "Perencanaan Pengendalian Banjir Kali Ngotok Program

- Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional " Veteran " Jawa Timur," Universitas Pembangunan Nasional " Veteran " Jawa Timur, 2012.
- [2] R. N. S. Lesawengan, "Pemetaan curah hujan menggunakan metode isohyet studi kasus: kota Semarang," *J. Sipil Hidrol.*, vol. 549, hal. 40–42, 2017.
- [3] Sarbidi, "Kriteria desain drainase kawasan permukiman kota berwawasan lingkungan," *J. Permukiman.*, vol. 9, no. 1, hal. 1–16, 2014.
- [4] P. Irawan, "Bandingan HSS Snyder-Alexeyev, Nakayasu dan Gamma 1 pada analisis banjir sub DAS Ciliwung untuk perencanaan bangunan air," *J. Siliwangi*, vol. 6, no. 1, hal. 1–11, 2020.
- [5] Direktorat Sumber Daya Air Direktorat Pekerjaan Umum, *Prosedur dan Instruksi Kerja Pembuatan Lengkung Debit (Rating Curve)*, no. 20. Jakarta: Direktorat Sumber Daya Air Direktorat Pekerjaan Umum, 2009.
- [6] R. Wigati dan Dkk, "Normalisasi sungai ciliwung menggunakan program HEC-RAS 4.1 (studi kasus cililitan - bidara cina)," *J. Fondasi*, vol. 5, no. 1, hal. 1–12, 2016.
- [7] V. Pangemanan dan O. Sompie, "Analisis kestabilan lereng dengan metode fellenius (studi kasus: kawasan citraland)," *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 1, hal. 22–28, 2014.