

ANALISIS KONDISI *EXISTING* SUNGAI GUDE PLOSO MENGGUNAKAN HEC-RAS

(Studi kasus Sungai Gude Ploso dengan lebar 10,4 m dan kedalam 2,2 m sepanjang 5,11 Km dari hilir sungai)

Fauzan Imannudin Atmoko

S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
fauzanatmoko16050724029@mhs.unesa.ac.id

Danayanti Azmi Dewi Nusantara

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

Abstrak

Sungai Gude Ploso merupakan sungai dengan panjang 5,110 Km yang melintasi Kecamatan Jombang dan Tembelang yang bermuara di Sungai Ngotok Ringkanal salah satu anak Sungai Brantas. Sungai Gude Ploso merupakan saluran sekunder dan cenderung mengalami banjir. Studi ini akan menentukan kondisi kapasitas yang ada dari Sungai Gude Ploso pada debit banjir pada periode kembali 5 hingga 200 tahun dan memberikan solusi alternatif untuk masalah banjir. Penelitian ini menggunakan data sekunder dalam curah hujan 20 tahun, sedangkan data primer adalah pengamatan dimensi penampang sungai dan topografi DAS Gude Ploso. Metode dalam penelitian ini menggunakan distribusi probabilitas Log Pearson III dan perangkat lunak HEC-RAS versi 5.0.7 untuk menentukan kapasitas sungai. Hasil perhitungan debit banjir dengan periode kembali 5 tahun adalah 89,90 m³/dtk, ketika 10 tahun adalah 103,77 m³/dtk, ketika 25 tahun adalah 118,27 m³/dtk, ketika 50 tahun adalah 127,28 m³/dtk, ketika 100 tahun adalah 135,02 m³/detik, dan untuk yang terakhir ketika 200 tahun adalah 141,71 m³/detik. Oleh karena itu, hasil pemodelan dengan HEC-RAS menunjukkan bahwa luapan terjadi di semua penampang sungai. Solusi alternatif yang ditawarkan adalah melakukan normalisasi perubahan penampang sungai dari bentuk penampang trapesium menjadi penampang persegi. Lebar sungai tetap 10,4 m sedangkan kedalaman sungai 3,5 m dengan tinggi jagaan minimum 1,33 m. Perubahan kedalaman dapat dicapai dengan pengerukan dasar saluran atau pembuatan tanggul di sisi kiri maupun kanan sungai sehingga perlu dilakukan kajian lebih mendalam selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Kata Kunci: debit, banjir, HEC-RAS

Abstract

Gude Ploso River is a river with a length of 5.110 km which crosses Jombang and Tembelang District emptying into the Ngotok Ringkanal River, a tributary of the Brantas River. Gude Ploso River is a secondary channel and it prone to flood. This study will determine the existing capacity condition of the Gude Ploso River on the flood discharge at a return period of 5 to 200 years and provide an alternative solution to the flood problem. This study used secondary data in the length of 20 years of rainfall. The primary data are the observations of river cross-sectional dimensions and topography of the Gude Ploso watershed. The method in this study using the Log Pearson III probability distribution and HEC-RAS software version 5.0.7 to determine the river capacity. The results of the calculation of flood discharge with a return period of 5 years is 89.90 m³/s, when 10 years is 103.77 m³/sec, when 25 years is 118.27 m³/sec, when 50 years is 127.28 m³/sec, when 100 years is 135.02 m³/sec, and for the last when 200 years is 141.71 m³/sec. Hence, the results of modeling with HEC-RAS shows that overflowed happens in all section of the river. The alternative solution offered is to normalize by changing the river cross-section from a trapezoidal to a square. The width of the river is still 10.4 m, while the depth of the river is 3.5 m with a minimum freeboard of 1.33 m. Changes in depth can be achieved by dredging the canal bed or constructing embankments on the left or right of the river, which is needs further study to achieve the optimum result.

Keywords: discharge, flood, HEC-RAS

PENDAHULUAN

Banjir adalah suatu peristiwa dimana meningkatnya volume dan debit air pada suatu sungai dan menggenangi wilayah sekitarnya khususnya Daerah Aliran Sungai (DAS). Jumlah kejadian banjir dalam musim hujan di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya dan

mengakibatkan kerugian bagi masyarakat yang terdampak (Suadnya dkk., 2017).

Solusi alternatif penanggulangan masalah banjir terus dikembangkan oleh pemerintah. Berbagai macam metode untuk menanggulangi masalah banjir dikota-kota besar dikaji dengan teliti hingga didapatkan metode terbaik. Salah satu solusi alternatif yaitu normalisasi sungai.

Dengan normalisasi diharapkan dapat mengembalikan kapasitas tampungan sungai. Dengan demikian, kejadian banjir yang sering melanda warga yang bertempat tinggal di sekitar daerah aliran sungai dapat teratasi (Putra dkk, 2014)

Bencana banjir telah menjadi permasalahan Kabupaten Jombang setiap tahun. Kondisi topografi Kabupaten Jombang relatif landai dengan kemiringan 0-2% dan kapasitas pengaliran yang kurang memadai menjadi faktor penyebab banjir. Kabupaten Jombang memiliki ketinggian 44 mdpl dimana lebih rendah dari dataran sekitarnya. Kebiasaan masyarakat membuang sampah di sungai dan bangunan liar di bantaran sungai juga menyebabkan banjir. Terlebih lagi aliran air permukaan tidak dapat meresap kedalam tanah akibat pengerasan jalan-jalan kampung. (Nazmelia, 2018).

Sungai Gude Ploso merupakan sungai dengan panjang 5,110 Km yang melewati Kecamatan Jombang dan Tembelang yang bermuara di Sungai Ngotok Ringkanal salah satu anak Sungai Brantas. Sungai Gude Ploso tidak termasuk sungai musiman karena secara terus menerus mendapatkan suplai aliran air dari Kali Konto dan Waduk Siman (Purwati, 2017).

Luberan Sungai Gude Ploso menggenangi beberapa desa di wilayah Jombang kota. Ini terjadi di sejumlah wilayah mulai Dusun Gentengan gang IV dan V, Desa Pulolor hingga Perumahan Sambong Permai, Perumahan Astapada Indah dan Perumahan Tambakrejo Asri. Akibatnya ada ribuan rumah yang terendam sepanjang hari. Akibat dari banjir itu, warga mengaku kesusahan. Sebagian bahkan tidak bisa bekerja lantaran jalan tidak bisa dilalui (Fridianto, 2019).

Studi ini akan menentukan kondisi kapasitas yang ada dari Sungai Gude Ploso pada debit banjir pada periode ulang 5 hingga 200 tahun dan memberikan solusi alternatif untuk masalah banjir dengan mesimulasikan kondisi aliran Sungai Gude Ploso.

Dalam kasus ini simulasi kondisi aliran disimulasikan menggunakan *software* HEC-RAS yang mana merupakan salah satu program pemodelan dalam menganalisis aliran saluran/sungai. Hasil dari simulasi berupa elevasi muka air pada penampang sungai (Ismawati dan Lasminnto, 2017)

METODE

Pada penelitian ini digunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Jenis Penelitian deskriptif dapat didefinisikan sebagai pendekatan untuk mengetahui keberadaan variabel penelitian tanpa membandingkan variabel. Sedangkan penelitian kuantitatif merupakan penelitian analisis data sampel atau populasi yang bersifat kuantitatif atau statistik. (Sugiyono, 2017).

Debit banjir rencana merupakan parameter pokok dalam mendesain suatu bangunan air. Debit banjir rencana didefinisikan sebagai debit maksimum yang terjadi pada suatu DAS yang dihitung dengan periode ulang tertentu. Perhitungan debit banjir rencana umumnya menggunakan data kejadian banjir atau data historis debit pada suatu saluran, namun pada kasus tertentu dimana data historis debit tidak lengkap sering digunakan melalui pendekatan hujan rancangan. Selain data curah hujan, diperlukan data karakteristik fisik DAS. Metode Rasional digunakan untuk mengetahui debit rencana (Sarmingsih, 2018).

Data curah hujan yang tercatat pada alat penakar curah hujan diproses berdasarkan areal mendapatkan hujan sehingga didapat tinggi curah hujan rata-rata dan kemudian meramalkan besarnya curah hujan pada periode tertentu (Ningsih, 2012).

Tabel 1. Lokasi Stasiun Curah Hujan

Nama Stasiun	Lokasi		
	Lintang Selatan	Bujur Timur	Elevasi (m dpl)
Jombang	-7,5093639	112,221	43
Keplaksari	-7,5322056	112,262	37
Kedungrejo	-7,587	112,222	35

Sumber: Kementerian PUPR Jawa Timur

Pada **Tabel 1** diketahui lokasi stasiun curah hujan yang mana merupakan data sekunder dalam penelitian ini. Pemilihan pos hujan berdasarkan letak terdekat dengan lokasi studi, maka didapatkan pos hujan Jombang, pos hujan Keplaksari dan pos hujan Kedungrejo. Tinggi curah hujan pada masing-masing pos hujan diperlukan untuk menghitung hujan rata-rata atau hujan wilayah.

Tabel 2. Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum Harian

Tahun	Tinggi Curah Hujan (mm)		
	Jombang	Keplaksari	Kedungrejo
2000	62	27	97
2001	79	75	82
2002	64	60	75
2003	42	0	26
2004	25	31	19
2005	76	85	115
2006	107	45	58
2007	164	80	50
2008	38	11	37
2009	130	48	102
2010	68	46	31
2011	56	76	52
2012	35	18	35
2013	63	36	77
2014	84	19	114
2015	39	38	59
2016	157	18	39
2017	142	19	60
2018	42	25	65
2019	127	65	63

Sumber: Kementerian PUPR Jawa Timur

Tabel 2 menunjukkan curah hujan maksimum harian 3 pos hujan dalam 20 tahun dari tahun 2000 hingga 2019. Pengambilan data hujan untuk infrastruktur keairan memerlukan data historis dalam kurun waktu minimal 10 tahun, namun hasil analisis makin akurat jika data historis lebih panjang sampai 20 tahun (Hadiani, 2016).

Data pada **Tabel 2** kemudian dianalisis hingga didapatkan tinggi hujan maksimum rata-rata atau hujan wilayah. terdapat tiga cara yang bisa digunakan dalam menentukan hujan wilayah berdasarkan curah hujan di beberapa pos hujan yaitu cara *Polygon Thiessen*, cara rata-rata aljabar dan cara garis *isohyet* (Wigati dkk, 2016).

Pada penelitian ini digunakan cara *Polygon Thiessen*. Cara ini mengacu pada pengaruh luas wilayah yang digambarkan dengan garis tegak lurus terhadap garis hubung pos hujan terdekat. Luas wilayah yang dibentuk oleh garis-garis tersebut tersebut dapat dianggap mempunyai variasi curah hujan yang linear dan mewakili wilayah terdekat (Ajr, 2019).

Cara *Polygon Thiessen* dapat dihitung dengan rumus:

$$R' = \frac{A1.R1 + A2.R2 + \dots An.Rn}{A1 + A2 + \dots An} \quad (1)$$

Keterangan:

- R' = Curah hujan wilayah
- R1, R2, ...Rn = Curah hujan di tiap titik pengamatan
- A1, A2, ...An = Luas bagian di tiap titik pengamatan

Pada **Gambar 1** dapat diketahui luas DAS Gude Ploso 32,8 Km², hulu sungai terdapat di Kecamatan Jombang dan berakhir pada Kecamatan Tembelang atau pertemuan dengan Sungai Ngotok Ringkanal. Batasan DAS dibatasi oleh topografi pemisah air sehingga aliran air permukaan akan mengalir ke suatu saluran tunggal atau sungai pada daerah tersebut (Robot, 2014).



Gambar 1. Peta DAS Gude Ploso
(Sumber: Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Jombang)



Gambar. 2 Kondisi Existing Sungai Gude Ploso
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Januari 2020)

Pada **Gambar 2** menampilkan kondisi existing Sungai Gude Ploso 4000 meter dari hilir sungai. Gambar tersebut diambil saat awal musim hujan tepatnya bulan Januari. Terlihat air pada sungai setengah penuh. Penampang sungai berbentuk trapesium dengan permukaan bantaran sungai terbuat dari beton. Lebar sungai 10,4 meter dengan kedalaman 2,2 meter dan kemiringan talud 0,7.

Analisis Hidrologi

Data curah hujan maksimum rata – rata harian 20 tahun dianalisis dengan distribusi probabilitas sehingga didapatkan hujan rencana. Hujan rencana didefinisikan sebagai curah hujan yang akan terjadi pada periode ulang tertentu. Sedangkan periode ulang sendiri adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu (Kamiana, 2013). Pada penelitian ini digunakan kala ulang 5 hingga 200 tahun berdasarkan parameter statistika yang digunakan.

Tabel 3 menjelaskan persyaratan parameter statistika yang digunakan untuk memilih jenis distribusi probabilitas yang tepat data dengan cara mencocokkan persyaratan parameter statistika masing-masing jenis distribusi.

Tabel 3. Persyaratan Parameter Statistika

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	C _s = 1,14 C _k = 5,4
2	Normal	C _s ≈ 0 C _k ≈ 3
3	Log Normal	C _s = C _v ³ + 3C _v C _k = C _v ⁸ + 6 C _v ⁶ + 15C _v ⁴ + 16C _v ² + 3
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

Sumber: Bambang, T (2008)

Perhitungan distribusi Log Pearson III jika data yang dianalisis adalah data sampel, maka perhitungan dapat dilakukan dengan rumus berikut (Kamiana, 2013):

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{Log}X} + K_T + S\text{Log}X \quad (2)$$

Keterangan:

LogX_T = Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode

ulang T

LogX = Nilai rata rata dari log X

SLogX = Deviasi standar dari LogX

K_T = Variabel standar

Perhitungan debit banjir dilakukan berdasarkan hujan dengan kala ulang hasil perhitungan distribusi probabilitas. Pada penelitian, perhitungan debit banjir menggunakan Metode Rasional. Metode Rasional merupakan rumus yang tertua dan yang terkenal diantara rumus empiris. Perhitungan debit rencana dengan daerah pengaliran yang terbatas dapat menggunakan Metode Rasional (Kamiana, 2013).

Rumus umum dari Metode Rasional adalah:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (3)$$

Keterangan:

Q = Debit puncak limpasan permukaan (m³/det),

C = Koefisien pengaliran (tanpa dimensi),

A = Luas daerah pengaliran (Km²),

I = Intensitas curah hujan (mm/jam),

Intensitas hujan merupakan tinggi hujan dalam selang waktu/periode tertentu yang dinyatakan dengan satuan mm/jam (SNI 2415, 2016). Perhitungan intensitas hujan salah satunya menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \quad (4)$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam),

R₂₄ = Hujan harian (mm),

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

Besarnya nilai t_c dapat dihitung dengan rumus Kirpich

$$t_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (5)$$

Keterangan:

t_c = Waktu konsentrasi (menit),

L = Panjang aliran maksimum (meter),

S = ΔH/L (Kemiringan DAS, beda elevasi antara hulu dan hilir dibagi jarak hulu ke hilir).

Tabel 4. Koefisien Pengaliran

Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran
Jalan Aspal	
Aspal dan beton	0,75-0,95
Batu bata dan batako	0,70-0,85
Atap Rumah	0,70-0,95
Halaman berumput, tanah pasir	
Datar, 2%	0,05-0,10
Rata-rata, 2-7%	0,10-0,15
Curam, 7 % atau lebih	0,15-0,20
Halaman berumput, tanah pasir padat	
Datar, 2%	0,13-0,17
Rata-rata, 2-7%	0,18-0,22
Curam, 7 % atau lebih	0,25-0,35

Sumber: SNI 2415 Tahun 2016

Tabel 4 menampilkan koefisien pengaliran pada permukaan lahan dengan berbagai kondisi permukaan. Semakin halus permukaan maka koefisien pengaliran semakin kecil begitupun sebaliknya.

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika digunakan untuk mengetahui kapasitas existing Sungai Gude Ploso sehingga diketahui profil muka air untuk setiap debit banjir dengan periode ulang tertentu. Perhitungan muka air dilakukan dengan model matematik. Perhitungan dengan model matematik didefinisikan sebagai perhitungan yang didasarkan pada formulasi dan hubungan matematik berdasarkan prinsip-prinsip hidrolika yang dikenal. Perhitungan ini bertujuan untuk mensimulasikan kondisi sebenarnya dari sungai dan untuk mendapatkan parameter hidrolis yang perlu diketahui (Suroso, 2006). Pada penelitian ini diambil 6 *section*. *Section* 1 terdapat pada hilir sedangkan *section* 6 terdapat pada hulu. Jarak antara *section* terdekat 1000 m kecuali pada *section* 5 ke *section* 6 memiliki jarak 1100 m.

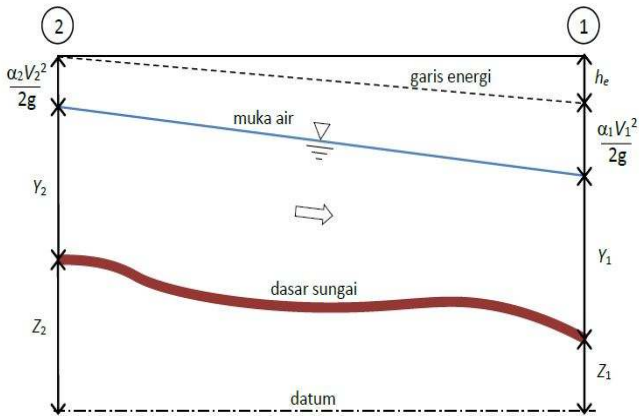
Dalam penelitian ini simulasi model matematik menggunakan perangkat lunak *Hydrologic Engineering Center - River Analysis System* (HEC-RAS). HEC-RAS adalah perangkat lunak untuk mensimulasikan aliran sungai yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* yang merupakan satu divisi didalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). HEC-RAS mampu memodelkan aliran satu dimensi dan dua dimensi dengan model aliran *steady* atau *unsteady* (Istiarto, 2014).

Pada penelitian ini digunakan pemodelan aliran *steady* satu dimensi. Dalam simulasi aliran *steady* untuk menyelesaikan perhitungan profil muka air pada penampang lintang yang berdekatan, HEC-RAS menggunakan persamaan energi antara dua penampang lintang (Oktaga dkk, 2015).

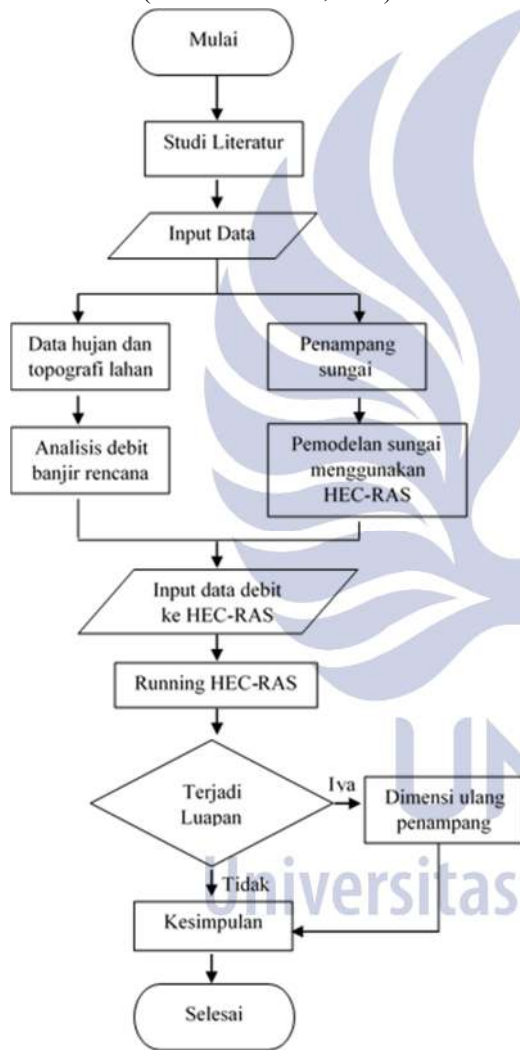
Keterangan:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_2 \quad (6)$$

Y₁, Y₂ = Kedalaman aliran,
 Z₁, Z₂ = Elevasi dasar saluran,
 V₁, V₂ = Kecepatan rata-rata (debit dibagi luas tampang basah),
 α₁, α₂ = Koefisien,
 g = Percepatan gravitasi,
 h_c = Kehilangan tinggi energi.



Gambar 3. Diagram Aliran Steady Flow (Sumber: Istiarto, 2014)



Gambar 4. Flowchart Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN
Analisis Hidrologi

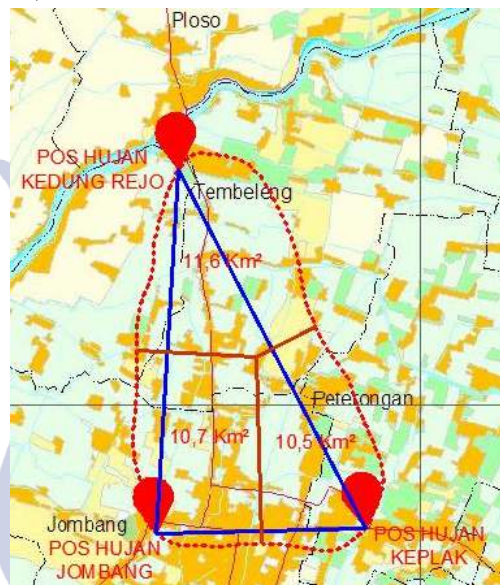
Guna mendapatkan debit banjir dengan kala ulang 5 hingga 200 tahun, data hidrologi dianalisis dengan serangkaian analisis hidrologi. Berdasarkan curah hujan maksimum pada Tabel 2 kemudian dianalisis hingga didapatkan tinggi hujan maksimum rata-rata atau hujan wilayah menggunakan metode *polygon thiessen*.

Dari Gambar 5 diketahui luas masing-masing pos hujan dengan metode *polygon thiessen*. Luas tersebut akan mempengaruhi hasil perhitungan hujan wilayah. Contoh perhitungan hujan wilayah metode *polygon thiessen* pada tahun 2000:

$$R' = \frac{A1 \cdot R1 + A2 \cdot R2 + \dots + An \cdot Rn}{A1 + A2 + \dots + An}$$

$$R' = \frac{10,7 \times 62 + 10,5 \times 27 + 11,6 \times 97}{10,7 + 10,5 + 11,6}$$

$$R' = 63,17 \text{ mm}$$



Gambar 5. Penggambaran Garis-Garis Polygon Thiessen (Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5. Rekapitulasi Curah Hujan Wilayah

Tahun	Tinggi Curah Hujan (mm)			Hujan Wilayah
	Jombang	Keplaksari	Kedungrejo	
2000	62	27	97	63,17
2001	79	75	82	78,62
2002	64	60	75	66,61
2003	42	0	26	22,90
2004	25	31	19	24,80
2005	76	85	115	92,67
2006	107	45	58	69,82
2007	164	80	50	96,79
2008	38	11	37	29,00
2009	130	48	102	93,85
2010	68	46	31	47,87
2011	56	76	52	60,99
2012	35	18	35	29,56
2013	63	36	77	59,31
2014	84	19	114	73,80
2015	39	38	59	45,75
2016	157	18	39	70,77
2017	142	19	60	96,99
2018	42	25	65	44,69
2019	127	65	63	84,52

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 5 dapat diketahui hasil perhitungan curah hujan wilayah metode *Polygon Thiessen* dari 3 pos hujan

selama 20 tahun. Nilai hujan wilayah tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai parameter statistika.

Untuk mengetahui distribusi yang tepat untuk perhitungan debit rencana, jenis distribusi ditentukan dengan nilai parameter statistika berdasarkan nilai hujan wilayah. Berdasarkan **Tabel 5** serta parameter statistika pada **Tabel 3**, maka didapatkan hasil seperti pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Nilai Parameter Statistika

Parameter Statistika	Nilai
Standar Deviasi (S)	24,378
Koef. Kepencengan (Cs)	-0,201
Koef. Kurtosis (Ck)	111,608
Rata-rata (x)	62,625
Koefisien variasi (Cv)	0,389
Cv3+3Cv	1,227
Cv8+6Cv6+15Cv4+16Cv2+3	5,790

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari **Tabel 5** dapat diketahui nilai dari hasil perhitungan parameter statistika. Berdasarkan nilai tersebut, maka distribusi yang memenuhi syarat parameter statistika yaitu distribusi Log Pearson III. Maka dalam penelitian ini menggunakan distribusi probabilitas Log Pearson III.

Hasil perhitungan Distribusi Log Pearson III adalah tinggi hujan rencana pada kala ulang 5, 10, 25, 50, 100 dan 200 tahun. Hasil perhitungan ditampilkan pada **Tabel 7**.

Dari **Tabel 7** diketahui tinggi hujan rencana pada kolom Xs pada kala ulang 5 hingga 200 tahun. Untuk mendapatkan intensitas hujan dihitung dengan Metode Mononobe.

Tabel 7. Tinggi Hujan Rencana

T	SLogX	Kt	LogX _T	Xs (mm)
5	0,20056	0,856	1,929529	85,02
10	0,20056	1,167	1,991863	98,14
25	0,20056	1,450	2,048651	111,85
50	0,20056	1,609	2,080509	120,37
100	0,20056	1,737	2,106141	127,69
200	0,20056	1,841	2,127159	134,02

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan intensitas hujan pada kala ulang 5 tahun sebagai berikut:

$$t_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times (S)^{-0,385}$$

$$S = (\text{Elevasi Hulu-Elevasi Hilir})/\text{Jarak Hulu ke Hilir}$$

$$S = (38 \text{ mdpl}-33 \text{ mdpl})/5110 \text{ m} = 0,00098$$

$$t_c = 0,0195 \times 5110^{0,77} \times (0,00098)^{-0,385}$$

$$t_c = 201,445 \text{ menit} = 3,36 \text{ jam}$$

$$R_{24} = 85,02 \text{ mm}$$

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

$$I = \frac{85,02}{24} \times \left(\frac{24}{3,36}\right)^{2/3} = 13,15 \text{ mm/jam}$$

Kemudian digunakan Metode Rasional untuk mendapatkan debit banjir rencana. Contoh perhitungan

menggunakan Metode Rasional pada kala ulang 5 tahun sebagai berikut:

$$I = 13,15 \text{ mm/jam}$$

$$A = 32,8 \text{ Km}^2$$

C = 0,75 (karena lahan berupa pemukiman penduduk dengan permukaan lahan berupa aspal dan beton maka berdasarkan **Tabel 4** nilai koefisien pengaliran diambil nilai 0,75)

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

$$Q = 0,278 \times 0,75 \times 13,15 \times 32,8$$

$$Q = 89,9 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 8. Nilai Intensitas Hujan dan Debit Rencana

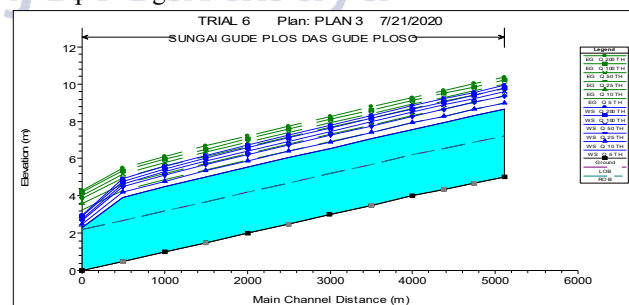
Kala Ulang (Tahun)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit rencana (m ³ /dt)
5	13,15	89,90
10	15,17	103,77
25	17,29	118,27
50	18,61	127,28
100	19,74	135,02
200	20,72	141,71

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8 menampilkan hasil perhitungan intensitas hujan dan debit banjir rencana. Hasil perhitungan debit rencana pada **Tabel 8** digunakan sebagai *input* debit *steady flow* pada simulasi HEC-RAS.

Analisis Hidrolika

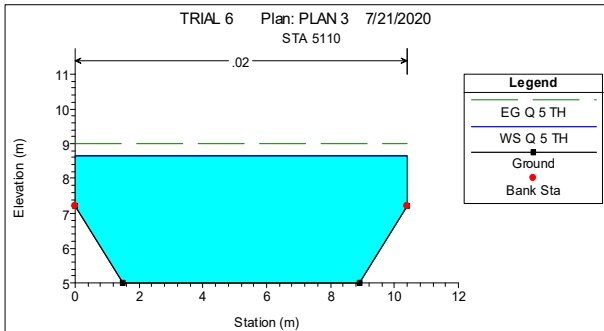
Pemodelan aliran dilakukan dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS versi 5.0.7. Data yang diolah pada HEC-RAS berupa hasil perhitungan Debit Banjir Rencana dan profil penampang Sungai Gude Ploso. Berdasarkan data primer dimensi penampang sungai memiliki kesamaan dari hulu hingga hilir. Penampang sungai berbentuk trapesium dengan permukaan bantaran sungai terbuat dari beton. Lebar sungai 10,4 meter dengan kedalaman 2,2 meter dan kemiringan talud 0,7. DAS Gude Ploso memiliki kemiringan lereng sebesar 0,00098. Pada simulasi ini panjang sungai dibagi menjadi beberapa STA seperti pada gambar 5. Tipe aliran yang digunakan adalah *steady flow*. Hasil dari simulasi HEC-RAS dapat dilihat pada **Gambar 6** sampai dengan **Gambar 12**.



Gambar 6. Plot Profil Memanjang Sungai dan Ketinggian Air Pada Debit Rencana Kala Ulang 5, 10, 25, 50, 100 dan 200 Tahun

(Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS)

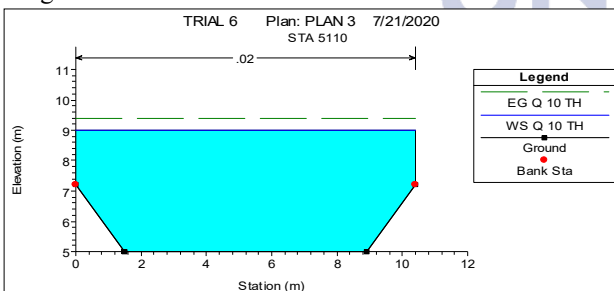
Gambar 6 menampilkan plot profil memanjang Sungai Gude Ploso dan ketinggian air (*Water Station/WS*). Dapat diketahui pada gambar bahwa tinggi muka air melebihi tinggi sungai di sepanjang penampang sungai, hal ini ditunjukkan garis *WS* pada semua kala ulang lebih tinggi dari garis *LOB* (*Left Overbank*) dan garis *ROB* (*Right Overbank*). Ketinggian air tertinggi terdapat pada hulu.



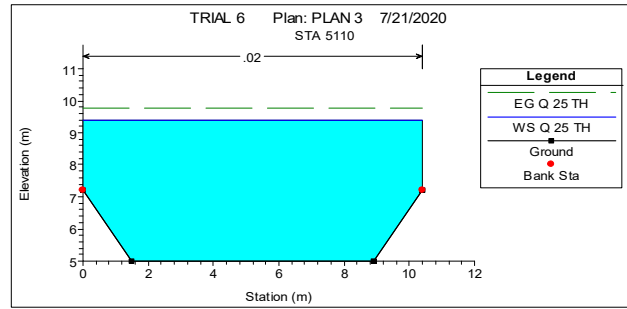
Gambar 7. Plot Profil Penampang Lintang Pada Debit Rencana Kala Ulang 5 Tahun
(Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS)

Gambar 7 sampai dengan **Gambar 12** menampilkan plot profil melintang Sungai Gude Ploso pada STA 5110 yang terletak di hulu. Pada **Gambar 7** dapat diketahui bahwa tinggi air meluap setinggi 1,4 meter dari sisi kanan dan kiri bantaran sungai. Pada **Gambar 8** dapat diketahui bahwa tinggi air meluap setinggi 1,8 meter dari sisi kanan dan kiri bantaran sungai. Pada **Gambar 9** dapat diketahui bahwa tinggi air meluap setinggi 2,2 meter dari sisi kanan dan kiri bantaran sungai.

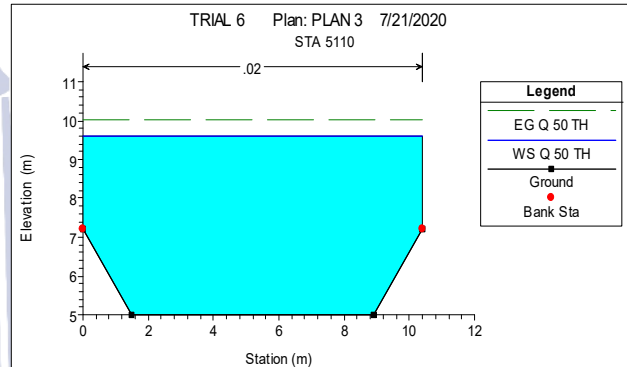
Pada **Gambar 10** dapat diketahui bahwa tinggi air meluap setinggi 2,4 meter dari sisi kanan dan kiri bantaran sungai. Pada **Gambar 11** dapat diketahui bahwa tinggi air meluap setinggi 2,6 meter dari sisi kanan dan kiri bantaran sungai. Pada **Gambar 12** dapat diketahui bahwa tinggi air meluap setinggi 2,8 meter dari sisi kanan dan kiri bantaran sungai.



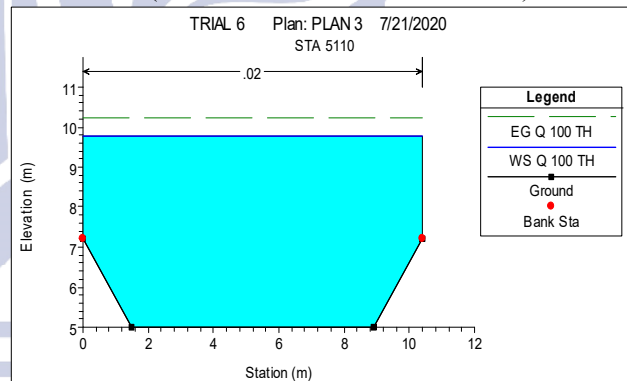
Gambar 8. Plot Profil Penampang Lintang Pada Debit Rencana Kala Ulang 10 Tahun
(Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS)



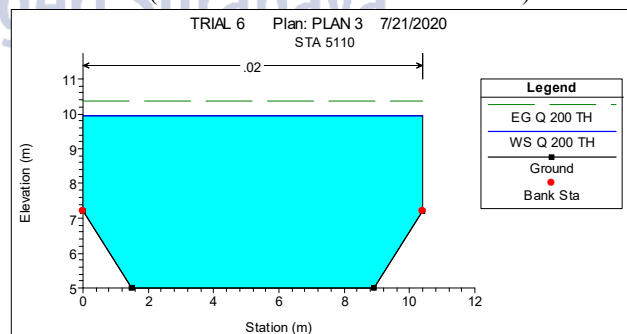
Gambar 9. Plot Profil Penampang Lintang Pada Debit Rencana Kala Ulang 25 Tahun
(Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS)



Gambar 10. Plot Profil Penampang Lintang Pada Debit Rencana Kala Ulang 50 Tahun
(Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS)



Gambar 11. Plot Profil Penampang Lintang Pada Debit Rencana Kala Ulang 100 Tahun
(Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS)



Gambar 12. Plot Profil Penampang Lintang Pada Debit Rencana Kala Ulang 200 Tahun
(Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS)

Berdasarkan hasil simulasi HEC-RAS dapat disimpulkan hasil pemodelan dengan HEC-RAS menunjukkan bahwa luapan terjadi di semua penampang sungai. Solusi alternatif dapat dilakukan normalisasi dengan dimensi ulang atau pembuatan tanggul di sisi kiri dan kanan sungai sesuai tinggi luapan.

Dimensi Ulang Penampang

Perencanaan penampang diperlukan untuk mendapat penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan serta dapat mengalirkan kapasitas debit air agar tidak sampai meluap ke daerah sekelilingnya (Mutia, 2016).

Setelah didapatkan data elevasi muka air sungai maka bisa disimpulkan penampang sungai tersebut bisa menampung kapasitas air atau tidak. Supaya penampang sungai mampu menampung debit air dilakukan dimensi ulang ukuran penampang saluran.

Dalam menentukan dimensi sungai dilakukan dengan membuat perkiraan debit banjir rencana dan elevasi muka air pada debit 2 hingga 5 tahun (PP Nomor 38, 2011). Dimensi ulang direncanakan dengan penampang tunggal berbentuk persegi. Bentuk tersebut dipilih melihat kondisi existing sungai yang tidak bisa dilebarkan karena kekurangan lahan. Bentuk persegi dianggap mampu mengalirkan debit lebih besar daripada bentuk trapesium (existing).

Diketahui data:

- So = 0,00098
- h = 3,5 m
- b = 10,4 m
- n = 0,02

Luas penampang basah
 $A = B \times h$
 $= 10,4 \times 3,5$
 $= 36,4 \text{ m}^2$

Keliling basah
 $P = b + 2xh$
 $= 17,4 \text{ m}$

Jari-jari hidrolis
 $R = A/P$
 $= 2,09$

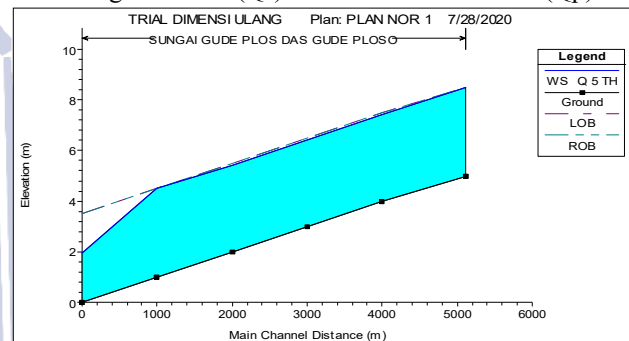
Kecepatan aliran
 $V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S_o^{1/2}$
 $= 2,5567 \text{ m/dt}$
 $Q_s = V \cdot A$
 $= 93,06 \text{ m}^3/\text{dt}$

kontrol
 $Q_s > Q_p$
 $93,06 > 89,90 \text{ Ok}$
 Tinggi jagaan
 $w = (0,5h)^{0,5}$
 $= 1,33$
 Tinggi total
 $h+w = 4,83 \text{ m}$

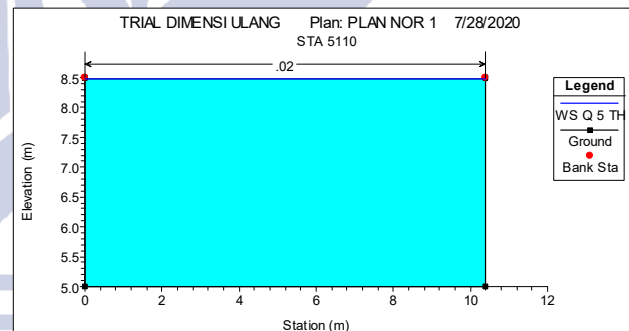
Keterangan:

- b = Lebar sungai
- h = Tinggi sungai
- Q5 = Debit rencana
- Qs = Debit sungai
- So = Kemiringan dasar saluran
- n = Angka manning = 0,02 (permukaan sungai terbuat dari beton)
- W = Tinggi jagaan

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan penampang sungai berbentuk persegi dengan lebar 10,4 dan kedalaman 3,5 meter bisa menampung kapasitas debit rencana kala ulang 5 tahun, hal ini dibuktikan dari perhitungan dimana debit sungai rencana (Qs) > debit rencana 5 tahun (Qp).



Gambar 13. Plot Profil Penampang Memanjang Saluran Bentuk Persegi Pada Debit Rencana Kala Ulang 5 Tahun (Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS)



Gambar 14. Plot Profil Penampang Melintang Saluran Bentuk Persegi Pada Debit Rencana Kala Ulang 5 Tahun (Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS)

Gambar 13 menunjukkan hasil simulasi HEC-RAS pada penampang sungai yang telah didimensi ulang. Pada simulasi tersebut tinggi jagaan tidak dimasukkan pada dimensi penampang sungai. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa penampang sungai dengan bentuk persegi yang memiliki lebar 10,4 meter dan kedalaman 3,5 m (tidak termasuk tinggi jagaann) mampu menampung debit rencana kala ulang 5 tahun. Tinggi muka air (WS) tertinggi pada STA 5110.

Gambar 14 menunjukkan profil penampang melintang pada STA 5110. Dapat dilihat bahwa tinggi muka air (WS) akibat debit rencana kala ulang 5 tahun tidak melebihi

tinggi sungai. Hal ini membuktikan bahwa tidak terjadi luapan disepanjang sungai.

Dari hasil perhitungan manual dan simulasi HEC-RAS membuktikan dimensi penampang sungai dengan kedalaman 3,5 meter, lebar sungai 10,4 meter, tinggi jagaan 1,33 meter dan kemiringan saluran 0.00098 bisa menampung kapasitas debit rencana kala ulang 5 tahun.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil perhitungan debit banjir dengan periode kembali 5 tahun adalah 89,90 m³/dtk, ketika 10 tahun adalah 103,77 m³/dtk, ketika 25 tahun adalah 118,27 m³/dtk, ketika 50 tahun adalah 127,28 m³/dtk, ketika 100 tahun adalah 135,02 m³/detik, dan untuk yang terakhir ketika 200 tahun adalah 141,71 m³/detik. Besar debit tersebut tidak mampu ditampung oleh kapasitas existing Sungai Gude Ploso sehingga terjadi luapan.

Solusi alternatif untuk mengatasi luapan yaitu melakukan normalisasi pada debit kala ulang 5 tahun. Dimensi ulang direncanakan saluran berbentuk persegi terbuat dari beton dengan lebar sungai 10,4 meter, kedalaman sungai 3,5 meter, tinggi jagaan 1,33 meter dan kemiringan saluran 0,00098. Perubahan kedalaman sungai bisa berupa pengerukan dasar sungai atau pemasangan tanggul di sisi kiri maupun kanan sungai.

Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini diketahui bahwa Sungai Gude Ploso tidak mampu menahan debit banjir sehingga perlu dilakukan perancangan kembali. Bagi pemerintah agar ikut serta dalam perencanaan dan pembangunan Sungai Gude Ploso agar tidak terjadi banjir yang melanda masyarakat disekitar sungai dengan melakukan kajian mendalam tentang kelayakan solusi alternatif yang ditawarkan.

DAFTAR PUSTAKA

Ajr, Ezra Qodriatullah dan Dwirani, Fitri. 2019. *Menentukan Stasiun Hujan Dan Curah Hujan Dengan Metode Polygon Thiessen Daerah Kabupaten Lebak*. Serang. Universitas Banten Jaya.

Bambang, T. 2008. *Hidrologi Terapan* dalam Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta. Graha Ilmu.

Ningsih, Dewi Handayani Untari. 2012. *Metode Thiessen Polygon Untuk Ramalkan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu Pada Wilayah Yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan*. Semarang. Universitas Stikubank.

Fridianto, Anggi. 2019. *Sungai Gude Ploso Meluap, Ratusan Rumah Dalam Kota Kebanjiran*. Jombang: Jawa Pos Radar Jombang.

Hadiani, Rr Rintis. 2016. *Ekstrapolasi Data Hujan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Back Propagation*. Surakarta. Universitas Sebesal Maret

Istiarto. 2014. *Simulasi Aliran 1 Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.

Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta. Graha Ilmu.

Ismawati, Sintya dan Lasminto, Umbro. 2017. *Pemodelan Aliran 1D Pada Bendungan Tugu Menggunakan Software HEC-RAS*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November.

Mutia, Tia. 2016. Analisis banjir menggunakan software HEC-RAS 4.1.0 (Studi kasus Sub-DAS Ciberang HM 0+00 - HM 34+00). Cilegon. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Nazmelia, Audhiyah. 2018. *Analisis Tingkat Kerentanan Permukiman Terhadap Banjir di Sub Daerah Aliran Sungai Marmoyo Kecamatan Ploso Kabupaten Jombang*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.

Oktaga, Andreas Tigor, Suripin dan Darsono, Suseno. 2015. *Perbandingan Hasil Pemodelan Aliran Satu Dimensi Unsteady Flow dan Steady Flow pada Banjir Kota*. Semarang. Universitas Diponegoro

Purwati, Lilik. 2017. *Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Gude Ploso di Kabupaten Jombang*. Jombang. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jombang

Robot, Jeffier Andrew. 2014. *Analisis Debit Banjir Sungai Ranoyapo Menggunakan Metode Hss Gama-I Dan Hss Limantara*. Manado. Universitas Sam Ratulangi Manado.

Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia Nomor 38. 2011. *Tentang Sungai*. Jakarta. Pemerintahan Republik Indonesia.

Putra, Dimaz Perdana, Surhayanto dan Nugroho, Hari. 2014. *Perencanaan Normalisasi Sungai Bringin di Kota Semarang*. Semarang. Universitas Diponegoro.

Sarminingsih, Anik. 2018. *Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan*. Semarang. Universitas Diponegoro.

Standar Nasional Indonesia. 2415:2016. *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional

Suadnya, Dewi Parwati, Sumarauw, Jeffry S.F dan Mananoma, Tiny. 2017. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario di Titik Kawasan Citraland*. Manado. Universitas Sam Ratulangi.

Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kualitatif*. Untuk penelitian yang bersifat: eksploratif, enterpretif, interaktif, dan konstruktif. Bandung. Alfabeta.

Suroso. 2006. *Kajian Kapasitas Sungai Logawa Dalam Menampung Debit Banjir*. Purwokerto. Universitas Soedirman Purwokerto.

Wigati, Restu, Sudarsono dan Cahyani, Intan Dewi. 2016. *Analisis Banjir Menggunakan Software Hec-Ras 4.1* (Studi kasus sub DAS Cisimeut hilir HM 0+00 Sampai dengan HM 69+00). Cilegon. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.



UNESA

Universitas Negeri Surabaya