

**UPAYA PENANGGULANGAN BANJIR DENGAN PERBAIKAN ALUR
SUNGAI KALI LAMONG DI KABUPATEN GRESIK**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**GARINDRA GUSTIANTO
NIM. 115060101111002**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

UPAYA PENANGGULANGAN BANJIR DENGAN PERBAIKAN ALUR SUNGAI KALI LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

Garindra Gustianto, Agus Suharyanto, Pudyono

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Jawa Timur Indonesia

Email: Gustianto.gar@live.com

ABSTRAK

Kabupaten Gresik merupakan kabupaten yang terletak di provinsi Jawa Timur. Luas dari Kabupaten Gresik adalah 1.191,25 km², yang terdiri dari 18 kecamatan. Secara administratif, terdapat 26 kelurahan dan 330 desa. Kabupaten Gresik merupakan wilayah dataran rendah dengan ketinggian antara 2-12 meter di atas permukaan laut. Sungai Kali Lamong adalah salah satu sungai yang mengalir melewati Kabupaten Gresik. Sungai Kali Lamong memiliki luas Daerah Aliran Sungai (DAS) ± 720 km² dengan panjang alur sungai ± 103 km serta memiliki 7 anak sungai.

Pada musim penghujan, sungai Kali Lamong tidak bisa menampung semua debit yang masuk, akibatnya terjadi banjir di daerah DAS Kali Lamong. Penyebab banjir yang utama adalah curah hujan yang tinggi, namun kapasitas sungai tidak mampu menampung debit yang terjadi. Kapasitas sungai menjadi berkurang dikarenakan erosi yang terjadi di hulu dan gerusan di tebing kanan dan kiri sungai Kali Lamong. Akibat erosi yang terjadi, maka partikel tanah jatuh ke dasar sungai, dan menimbulkan sedimentasi pada dasar sungai Kali Lamong. Apabila sedimentasi terus-menerus terjadi, akibatnya akan terjadi pendangkalan pada dasar sungai. Pendangkalan dasar sungai akan mempengaruhi kapasitas aliran sungai. Berkurangnya kapasitas aliran sungai inilah merupakan salah satu penyebab banjir pada DAS Kali Lamong. Agar kapasitas sungai mampu menampung debit yang terjadi, diperlukan normalisasi sungai Kali Lamong. Dalam penelitian ini dilakukan analisis besarnya dimensi sungai Kali Lamong agar mampu menampung debit yang terjadi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit banjir kala ulang 10 tahun, yaitu 804,227 m³/dt terjadi banjir. Dari data tersebut direncanakan dimensi sungai yang mampu menunjang debit tersebut. Nilai erosi yang terjadi adalah 2,943 ton/ha/tahun dan nilai nisbah pelepasan sedimen adalah 17,991%, kali ini menjadi pertimbangan dalam pemeliharaan sungai.

Kata Kunci : banjir, Gresik, Kali Lamong, erosi, sedimentasi, normalisasi

ABSTRACT

Gresik is a district located in the province of East Java. Gresik District area is 1.191,25 km², consisting of 18 sub-district. Administratively, there are 26 administrative villages and 330 villages. Gresik District is a lowland with a height of 2-12 meters above sea level. Kali Lamong river is one of the rivers flowed through Gresik District. Kali Lamong river has extensive watershed approximately 720 km² with a length of river channel 103 km and has seven tributaries.

In rainy season, Kali Lamong river was unable to accommodate all the incoming discharge, resulting in flooding at the watershed area of Kali Lamong. The main cause of flooding is high rainfall, but the capacity of the river is unable to accommodate discharge occurs. The capacity of the river to be reduced due to the erosion in the upstream and scouring on both right and left cliff of the river. As a result of erosion, the soil particles fall to the bottom of the river, and cause sedimentation in the river. If the continuous sedimentation occurred, the result would be silting in the riverbed. Siltation riverbed will affect the discharge capacity of the river. Reduced discharge capacity of the river is one of the causes of flooding in the watershed area. To be able to accommodate the discharge occurs, the normalization of Kali Lamong river is required. In this study, the cross sections of the Kali Lamong river being analyzed to be able to accommodate discharge occurs.

The result showed that the discharge flood return period of 10 years is 804,227 m³/sec already flooding. From that data, new cross sections being planned to supporting the discharge occurs. Erosion value is 2,943 ton/ha/year and the value of sediment delivery ratio is 17,991%, this time into consideration in the maintenance of the river.

Keywords : flood, Gresik, Kali Lamong, erosion, sedimentation, normalization

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kabupaten Gresik merupakan kabupaten yang terletak di provinsi Jawa Timur. Secara geografis, wilayah Kabupaten Gresik terletak antara 112°-113° bujur timur dan 7°-8° lintang selatan. Luas dari Kabupaten Gresik adalah 1.191,25 km², yang terdiri dari 18 kecamatan. Di dalamnya, terdapat 26 kelurahan dan 330 desa. Kabupaten Gresik merupakan wilayah dataran rendah dengan ketinggian antara 2-12 meter di atas permukaan laut.

Sungai Kali Lamong adalah salah satu sungai yang mengalir melewati Kabupaten Gresik. Sungai Kali Lamong merupakan bagian dari Satuan Wilayah Sungai Bengawan Solo yang pengelolaannya dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Secara administratif DAS Kali Lamong berada di wilayah Kabupaten Gresik, Lamongan, Mojokerto dan Kota Surabaya. Bagian hulu Sungai Kali Lamong terletak di daerah Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Mojokerto. Sungai Kali Lamong memiliki luas Daerah Aliran Sungai (DAS) ± 720 km² dengan panjang alur sungai ± 103 km serta memiliki 7 anak sungai. Muara sungai Kali Lamong berada pada jarak ± 15 km dari jembatan perbatasan antara Kabupaten Gresik dengan Kota Surabaya.

Pada musim penghujan, sungai Kali Lamong tidak bisa menampung semua debit yang masuk, akibatnya terjadi banjir di daerah DAS Kali Lamong. Salah satu DAS Kali Lamong yang sering mengalami banjir adalah Kabupaten Gresik. Wilayah pada Kabupaten Gresik yang selalu mengalami bencana banjir yaitu: Kecamatan Balong Panggang, Benjeng, Morowudi, Bringkang, Cerme dan Menganti.

Penyebab banjir yang utama adalah curah hujan yang tinggi namun tidak diimbangi oleh kapasitas sungai. Kapasitas sungai menjadi berkurang dikarenakan erosi

yang terjadi di hulu dan gerusan di tebing kanan dan kiri sungai Kali Lamong. Akibat erosi yang terjadi, maka partikel tanah jatuh ke dasar sungai, dan menimbulkan sedimentasi pada dasar sungai Kali Lamong. Apabila sedimentasi terus-menerus terjadi, akibatnya akan terjadi pendangkalan pada dasar sungai. Pendangkalan dasar sungai akan mempengaruhi kapasitas aliran sungai. Berkurangnya kapasitas aliran sungai inilah merupakan salah satu penyebab banjir pada DAS Kali Lamong.

Rumusan Masalah

Dalam studi ini akan dibahas permasalahan-permasalahan yang terkait dengan penanggulangan banjir pada sungai Kali Lamong, Kabupaten Gresik. Rumusan masalah dalam studi ini meliputi:

1. Berapa besarnya debit banjir rencana yang terjadi di sungai Kali Lamong dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 tahun?
2. Berapa besarnya erosi dan sedimentasi yang terjadi di sungai Kali Lamong?
3. Berapa dimensi sungai Kali Lamong yang sesuai pada ruas yang melewati Kabupaten Gresik agar tidak terjadi?

Tujuan Penelitian

Maksud dari studi ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari banjir di sungai Kali Lamong, Kabupaten Gresik, sehingga dapat diperoleh gambaran seberapa jauh kemungkinan-kemungkinan yang dapat diatasi dengan kondisi yang ada. Tujuan dari studi ini, yaitu:

1. Mengetahui debit banjir rencana yang terjadi pada sungai Kali Lamong pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 tahun.
2. Mengetahui besarnya erosi dan sedimentasi yang terjadi di DAS Kali Lamong.
3. Dapat ditentukan besarnya dimensi sungai Kali Lamong yang ideal agar

tidak terjadi banjir di Kabupaten Gresik.

Batasan Masalah

Mengingatnya studi ini sangat luas aspeknya, maka dalam perencanaan studi ini, maka perlu dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak memperhitungkan banjir akibat pasang surut.
2. Tidak menganalisa struktur bangunan sungai.
3. Analisa hidrologi hanya membahas analisa data curah hujan yang terukur dalam kurun waktu 12 tahun.
4. Ruas sungai yang dibahas hanya sungai Kali Lamong yang melintasi Kabupaten Gresik.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Hidrologi

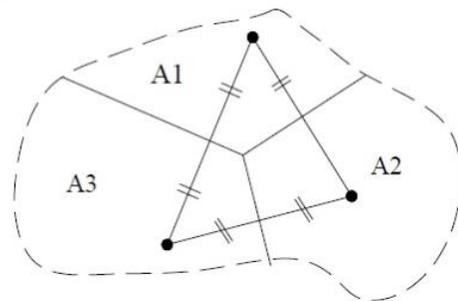
Data Hidrologi adalah fakta mengenai fenomena hidrologi, seperti: temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, besarnya curah Hujan, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai. Salah satu tujuan dalam analisis data hidrologi adalah menentukan periode ulang (*return period* atau *recurrence interval*) dari suatu kejadian hidrologi (Soewarno, 1995).

Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Setelah memiliki data curah hujan dan memiliki data masing-masing stasiun curah hujan di daerah studi langkah selanjutnya menguji dengan uji konsistensi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah data curah hujan yang didapat ini memenuhi syarat dan layak dipakai atau tidak. Cara menguji konsistensi data yaitu dengan Lengkung Massa Ganda (*Double Mass Curve*).

Perhitungan Curah Hujan Maksimum

Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata wilayah DAS dari catatan hujan lokal pada stasiun-stasiun pengukur curah hujan di DAS tersebut. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan metode poligon *Thiessen*. Perhitungan curah hujan dengan metode ini dilakukan jika pada daerah kajian memiliki titik pengamatan yang tersebar secara tidak merata sehingga perhitungan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.



Gambar 1. Luas Daerah dengan Metode Poligon *Thiessen*

Rumus untuk metode ini adalah:

$$d = \frac{\sum (P_i \cdot A_i + P_2 \cdot A_2 + \dots + P_n \cdot A_n)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$d = \frac{\sum P_i \cdot A_i}{\sum A_i} \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

d = Curah Hujan Rerata Daerah Maksimum (mm)

P_i = Curah Hujan Stasiun ke i (mm)

A_i = Luas Daerah Stasiun ke i (km²)

ΣA = Luas Daerah Total (km²)

Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah hujan terbesar tahunan untuk hujan pada periode ulang tertentu. Metode yang digunakan adalah dengan Metode *Log Pearson Tipe III*. Kemudian diuji kesesuaian distribusi frekuensi dengan Uji *Smirnov-Kolmogorov*.

Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas – Durasi – Frekuensi (*IDF = Intensity – Duration – Frequency Curve*). Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 60 menit dan perjam untuk membentuk lengkung IDF. Selanjutnya lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu metode, yaitu dengan metode Mononobe (Suripin, 2004):

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- t = lamanya hujan (jam)
- R24 = curah hujan maksimum harian (mm)

Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien pengaliran (C) di definisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor ini merupakan variabel yang paling menentukan hasil perhitungan debit banjir. Faktor utama yang mempengaruhi adalah laju infiltrasi, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan. Koefisien pengaliran rata-rata suatu daerah yang terdiri dari beberapa jenis tata guna lahan, dapat juga ditentukan dengan mempertimbangkan bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang

diwakilinya. Nilai C rata – rata dapat dihitung dengan rumus:

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i A_i}{\sum_{i=1}^N A_i} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- C_{DAS} = koefisien pengaliran rata –rata
- C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i
- A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah i
- n = jumlah penutup lahan

Debit banjir rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Perhitungan debit banjir dapat dilakukan secara empiris, statistik, ataupun hidrograf. Hidrograf satuan sintetik (HSS) merupakan hidrograf yang didasarkan atas sintesis dari parameter-parameter daerah aliran sungai. HSS adalah hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir DAS, yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar satu satuan (1 mm) yang terjadi merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu. Salah satu hidrograf satuan sintetik yang dapat digunakan adalah hidrograf satuan sintetik Nakayasu. Perhitungan debit banjir maksimum dengan menggunakan metode hidrograf satuan Nakayasu dengan persamaan:

$$QP = \frac{1}{36} \times A \times \frac{Ro}{(0,3Tp + T_{0,3})} \dots\dots\dots(4)$$

Tenggang waktu :

Persamaan kuva naik

Untuk 0 < t < Tp

$$Qa = Qp \left(\frac{1}{Tp} \right)^{2,4} \dots\dots\dots(5)$$

Persamaan kurva turun

Untuk Tp < t < (Tp + T_{0,3})

$$Qd = Qp \times 0,3^{\frac{10Tp}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots(6)$$

Untuk $(Tp + T_{0,3}) < t < (Tp + 2,5T_{0,3})$

$$Qd = Qp \times 0,3^{\frac{t-T+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}} \dots\dots\dots(7)$$

Untuk $t > (Tp + 2,5T_{0,3})$

$$Qd = Qp \times 0,3^{\frac{t-T+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}} \dots\dots\dots(8)$$

dimana :

- QP = debit banjir maksimum (m³/dtk)
- A = luas daerah aliran (km²)
- Ro = curah hujan satuan = 1 mm
- Tp = tenggang waktu dari permulaan hujan hingga puncak banjir
- T_{0,3} = waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan debit puncak hingga 30 dari debit puncak
- Tg = waktu antara hujan hingga debit banjir maksimum
- Tr = satuan waktu hujan = 1 mm
- L = panjang alur sungai
- α = parameter hidrograf

Model prediksi erosi

Model erosi tanah dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu model empiris, model fisik dan model konseptual. Model USLE adalah metode yang paling umum digunakan. Metode USLE memungkinkan perencana memprediksi laju erosi rata-rata lahan tertentu pada suatu kemiringan dengan pola hujan tertentu untuk setiap jenis tanah dan penerapan konservasi lahan. USLE dirancang untuk memprediksi erosi jangka panjang dari erosi Lembar dan erosi alur di bawah kondisi tertentu. dan dasar sungai (Suripin, 2004). Persamaan USLE adalah sebagai berikut:

$$Ea = R \times K \times LS \times C \times P \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

Ea = banyaknya tanah tererosi per satuan luas per satuan waktu (ton/ha/tahun)

R = faktor erosivitas hujan dan aliran permukaan

K = faktor erodibilitas tanah

LS = faktor panjang-kemiringan lereng

C = faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman

P = faktor tindakan konservasi praktis

Sedimentasi

Hasil sedimen yaitu besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimen bergantung pada besarnya erosi total di DAS dan bergantung pada transpor partikel tanah yang tererosi keluar dari daerah tangkapan air. Besarnya hasil sedimen bervariasi mengikuti karakteristik fisik DAS. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai atau dengan pengukuran langsung. Cara lain yang dapat dilakukan untuk memprakirakan besarnya hasil sedimen dari suatu daerah tangkapan air adalah melalui perhitungan Nisbah Pelepasan Sedimen (*Sediment Delivery Ratio*) atau cukup dikenal dengan singkatan SDR.

Menurut SCS *National Engineering Handbook* (DPMA,1984) besarnya prakiraan hasil sedimen dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$SY = Ea \times SDR \dots\dots\dots(10)$$

Dimana:

SY = Jumlah sedimen (ton/tahun)

SDR = *sediment delivery ratio*

Ea = erosi total (ton/ha/tahun)

Kapasitas Saluran

Besarnya kapasitas saluran dapat ditentukan berdasarkan dimensi saluran. Langkah perhitungan kapasitas saluran drainase adalah sebagai berikut (Chow, 1997):

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

- Q = kapasitas saluran (m³/detik)
- A = Luas penampang saluran (m³)
- V = kecepatan aliran rerata (m/detik)

Perhitungan kecepatan aliran dapat menggunakan rumus Manning:

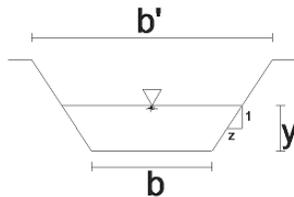
$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana:

- V = kecepatan aliran rerata (m/detik)
- R = Jari – jari hidrolis saluran (m)
- S = Kemiringan saluran
- n = koefisien kekasaran Manning

Pemodelan Saluran

Dengan menggabungkan rumus Q = V. A dan besaran A dan P yang mengandung lebar dasar saluran dan tinggi air, dapat diperhitungkan dimensi saluran yang akan direncanakan berdasarkan data debit, koefisien manning dan kemiringan dasar saluran. Salah satu model saluran yang sering digunakan adalah saluran Trapezium yang bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Model Penampang Trapezium

$$A = (b + zy) y \dots\dots\dots(13)$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \dots\dots\dots(14)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana:

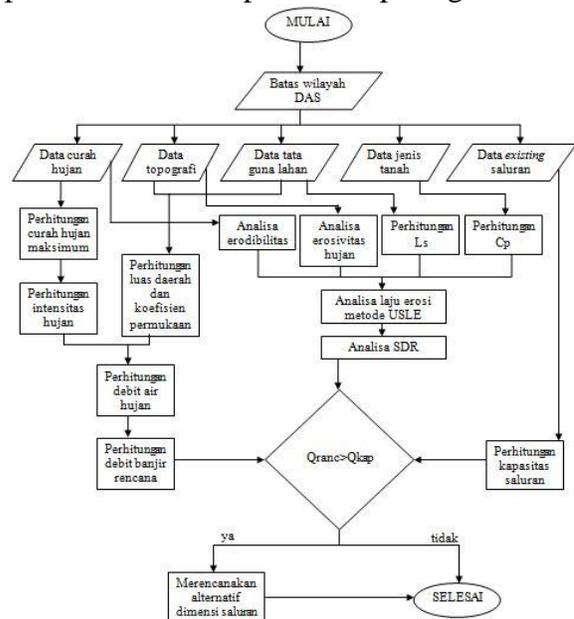
- b = lebar saluran (m)
- y = dalam saluran tergenang air (m)
- z = kemiringan saluran
- A = luas (m²)
- P = keliling basah (m)
- R = jari jari hidrolis (m)

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dari data-data yang telah dikumpulkan. Data-data yang dikumpulkan antara lain:

- Peta DAS Kali Lamong
- Peta stasiun hujan di DAS Kali Lamong
- Data curah hujan di tiap stasiun hujan dari tahun 2003-2014
- Data jumlah hari hujan tiap stasiun dari tahun 2003-2014
- Peta tata guna lahan
- Data jenis tanah
- Data kemiringan lahan
- Data penggunaan dan konservasi lahan
- Data sedimentasi
- Data *cross section* sungai Kali Lamong yang melewati kabupaten Gresik

Setelah mengumpulkan data yang diperlukan, data tersebut dianalisis. Untuk proses analisis dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

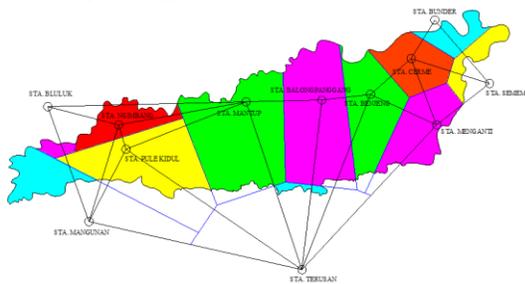
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

Untuk menganalisa debit curah hujan lokasi studi data hujan yang dipakai berasal dari 12 stasiun pengamat terdekat disekitar lokasi, yaitu :

1. Sta. Sememi
2. Sta. Bunder
3. Sta. Cerme
4. Sta. Benjeng
5. Sta. Balongpanggang
6. Sta. Mantup
7. Sta. Menganti
8. Sta. Ngimbang
9. Sta. Pule Kidul
10. Sta. Bluluk
11. Sta. Terusan
12. Sta. Mangunan

Kemudian mengambil data curah hujan maksimum setiap tahunnya di masing-masing stasiun pengamat dan dirata-ratakan, data yang digunakan adalah data curah hujan 12 tahun, mulai dari tahun 2003 hingga 2014. Kemudian data tersebut dikoreksi dengan metode lengkung massa ganda. Nilai curah hujan yang sudah dikoreksi dengan metode Lengkung Massa Ganda akan digunakan untuk menghitung nilai hujan maksimum per tahunnya. Untuk menghitung nilai hujan maksimum diperlukan nilai bobot daerah yang bisa didapatkan melalui metode poligon *Thiessen*. Untuk pembagian wilayah bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 4. Pembagian wilayah stasiun dengan metode *Thiessen*

Dari luas yang telah ditemukan, dihitung nilai koefisien per wilayah stasiun dan bisa dihitung nilai hujan maksimum per tahunnya yang ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Hujan Maksimum per Tahun

Tahun	Hujan Maksimum (mm)
2003	94,454
2004	90,986
2005	83,453
2006	114,453
2007	77,663
2008	95,250
2009	91,733
2010	108,302
2011	107,296
2012	71,438
2013	101,742
2014	96,763

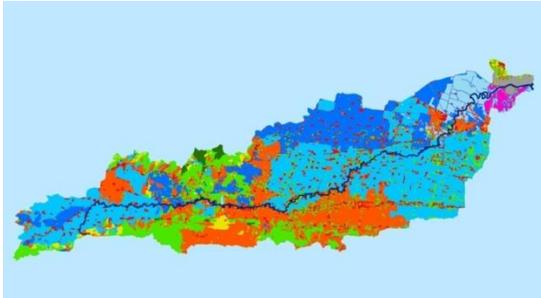
Kemudian menghitung curah hujan rancangan menggunakan Log Pearson III. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Hujan Rancangan

No	Tr	Peluang	G	Log Xt	Xt
1	5	20	1,008	2,037	108,768
2	10	10	1,361	2,057	114,051
3	25	4	1,641	2,073	118,413
4	50	2	1,754	2,080	120,254

Koefisien Pengaliran

Menghitung nilai koefisien pengaliran (C) dengan cara menghitung rata-rata dari koefisien berdasarkan luas daerah tata guna lahan pada lokasi studi. Peta tata guna lahan DAS Kali Lamong ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Tata Guna Lahan DAS Kali Lamong

$$C = \frac{(Aa \times Ca) + (Ab \times Cb) + \dots + (Ac \times Cc)}{A \text{ total}}$$

$$C = \frac{450,685}{715,424} = 0,63$$

Distribusi Hujan Jam-Jaman

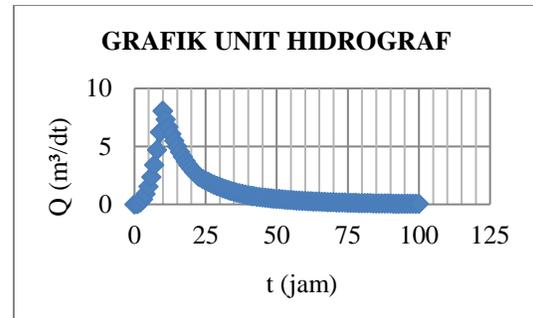
Untuk analisis debit banjir rencana dengan metode hidrograf diperlukan hujan jam-jaman. Metode yang digunakan untuk menentukan distribusi curah hujan pada studi ini adalah metode Mononobe yang hasilnya ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai Distribusi Hujan

Jam	Kala Ulang (T)				
	2	5	10	25	50
1	31,612	37,193	39,185	41,184	42,261
2	19,914	23,430	24,685	25,944	26,623
3	15,197	17,881	18,838	19,799	20,317
4	12,545	14,760	15,551	16,344	16,771
5	10,811	12,720	13,401	14,085	14,453
6	9,574	11,264	11,867	12,473	12,799

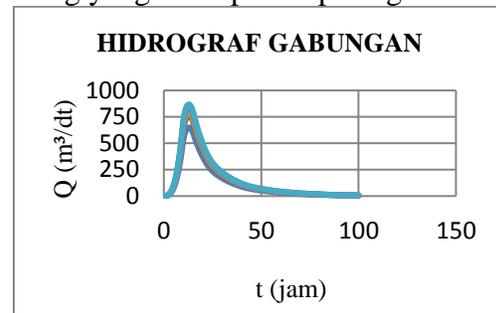
Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode hidrograf. Hidrograf yang digunakan adalah hidrograf *Nakayasu*. Grafik Unit Hidrograf bisa dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Unit Hidrograf

Setelah mendapatkan hidrograf satuannya langkah selanjutnya membuat hidrograf banjir rencana untuk masing-masing kala ulang yang ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Hidrograf Gabungan

Menghitung Indeks Erosivitas

Indeks erosivitas hujan (R) didefinisikan sebagai jumlah satuan erosi hujan dalam setahun. Nilai Indeks Erosivitas ditampilkan pada tabel 4.

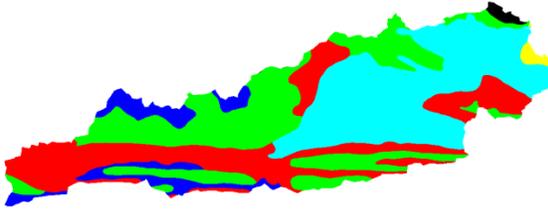
Tabel 4. Nilai Erosivitas

No	Stasiun	Erosivitas Rata-rata Tahunan (KJ/ tahun)	Koefisien Thiessen	Erosivitas Rata-rata (KJ/ tahun)
1	Sememi	265,277	0,031	8,112
2	Bunder	223,523	0,035	7,932
3	Cerme	192,190	0,069	13,337
4	Benjeng	235,920	0,114	26,892
5	Balongpanggung	254,152	0,188	47,694
6	Menganti	173,014	0,204	35,360
7	Mantup	265,780	0,087	23,153
8	Ngimbang	291,350	0,056	16,221
9	Pule Kidul	379,768	0,139	52,838
10	Bluluk	278,135	0,012	3,454
11	Terusan	264,286	0,008	2,215
12	Mangunan	356,286	0,056	19,882
Rata-rata				21,424

Menghitung Indeks Erodibilitas

Beberapa jenis tanah memiliki indeks erodibilitas tanah yang berbeda-beda.

Apabila suatu jenis tanah memiliki nilai erodibilitas yang tinggi, maka semakin tinggi pula kemungkinan untuk terjadi erosi. Pada DAS Kali Lamong terdapat beberapa jenis tanah yang ditampilkan pada gambar 7 dan nilainya pada tabel 5.



Gambar 7. Peta Jenis Tanah DAS Kali Lamong

Dengan:

- = endapan lumpur (Tanah hidromorphic alluvial)
- = andesit dan basal
- = endapan liat (Tanah alluvial coklat keabu-abuan)
- = batuliat dan batupasir (Tropudults)
- = batuliat berkapur dan batupasir (Troporthens)
- = batu gamping

Tabel 6. Nilai Erodibilitas

Jenis tanah	Luas Wilayah (Ha)	K	Total
Endapan liat	27763,997	0,315	8745,659
Endapan lumpur	1720,224	0,156	268,355
Batu gamping	3046,454	1	3046,454
Batu liat dan batu pasir	29403,142	0,16	4704,503
Batu liat berkapur dan batu pasir	5527,906	0,14	773,907
Andesit dan basal	4080,694	1	4080,694
Jumlah	71542,417		21619,572

Untuk mendapatkan nilai faktor K, maka total nilai yang diperoleh dibagi dengan luas wilayah

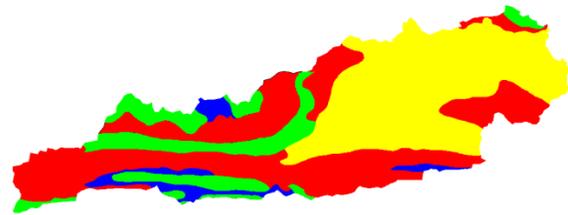
$$\text{Nilai faktor K} = \frac{21619,572}{71542,417} = 0,302$$

Menghitung Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Kemiringan mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Pada dasarnya, semakin curam suatu lereng, makin cepat laju permukaan. Begitu juga dengan semakin meningkatnya waktu

untuk infiltrasi, volume limpasan permukaan juga semakin besar. Jadi, dengan meningkatnya persentase kemiringan, maka tingkat erosi juga akan semakin besar.

Wilayah DAS Kali Lamong memiliki kemiringan lereng yang berbeda-beda, mulai kemiringan 0-3% hingga 15-25%. Gambar kemiringan lereng pada DAS Kali Lamong dapat dilihat pada gambar 8. Untuk perhitungan erodibilitas bisa dilihat pada tabel 5.



Gambar 8. Peta Kemiringan Lereng DAS Kali Lamong

Dengan:

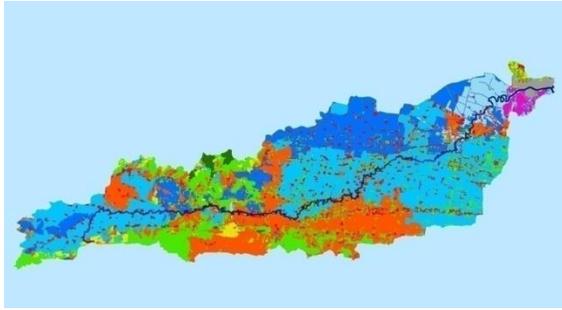
- = kemiringan 0-3%
- = kemiringan 3-8%
- = kemiringan 8-15%
- = kemiringan 15-25%

Tabel 6. Nilai LS Rata-rata

Kelas Kelerengan (%)	LS	Luas Wilayah (Ha)	Koef. Luas	LS Rata-rata
0-3	0,15	30939,413	0,432	0,0649
3-8	0,75	16561,318	0,231	0,1736
8-15	2,1	14620,325	0,204	0,4292
15-25	4,65	9421,361	0,132	0,6124
Jumlah		71542,417		1,280

Menghitung Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Lahan

Faktor penggunaan lahan (C) adalah perbandingan antara besarnya erosi dari lahan yang ditanami suatu jenis tanaman terhadap besarnya erosi tanah yang tidak ditanami. Faktor pengelolaan lahan (P) adalah perbandingan antara erosi dari lahan dengan suatu tindakan konservasi. Penggunaan lahan di DAS Kali Lamong dapat dilihat pada gambar 9 dan nilainya pada tabel 7.



Gambar 9. Peta Penggunaan Lahan DAS Kali Lamong

Tabel 6. Nilai CP Rata-rata

Jenis Tata Guna lahan	Luas (Ha)	Koef. Luas	CP	CP Rata-rata
Area terisi air	275,167	0,004	0,5	0,002097
Hutan	557,636	0,008	0,01	0,000085
Hutan Rawa	60,112	0,001	0,005	0,000005
Perkebunan/kebun	11535,749	0,176	0,3	0,052738
Rawa	27,08	0,000	0,005	0,000002
Tanah kosong	448,089	0,007	1	0,006828
Sawah irigasi	11154,565	0,170	0,01	0,001700
Sawah Tadah hujan	22961,356	0,350	0,284	0,099374
Semak Belukar	1298,741	0,020	0,3	0,005937
Tambak/empang	3044,324	0,046	0,5	0,023196
Tanah berbatu	95,643	0,001	0,7	0,001020
Tegalan/ladang	14162,766	0,216	0,7	0,151078
Jumlah	65.621	1		0,344060

Pendugaan Laju Erosi pada DAS Kali Lamong

Setelah dilakukan perhitungan pada masing-masing faktor, maka nilai erosi pada DAS Kali Lamong dapat dihitung. Besarnya nilai masing-masing faktor erosi yaitu;

1. Faktor erosivitas hujan (R)
= 21,424 KJ/ha/tahun
2. Faktor erodibilitas tanah (K)
= 0,302
3. Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) = 1,280
4. Faktor penggunaan dan pengelolaan lahan (CP) = 0,344

Besarnya erosi yang terdapat di DAS Kali Lamong berdasarkan rumus USLE adalah:

$$A = R \times K \times LS \times CP$$

$$= 21,424 \times 0,302 \times 1,28 \times 0,344 = 2,943 \text{ ton/ha/tahun}$$

Menghitung Nilai *Sediment Delivery Ratio* (SDR)

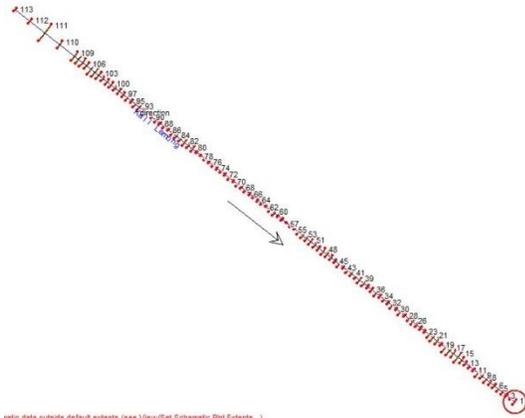
Dari proses sedimentasi, hanya sebagian aliran di sungai yang diangkut keluar dari DAS, sedangkan yang lain akan mengendap di lokasi tertentu di sungai. Persamaan umum untuk menghitung sedimentasi digunakan dengan cara pendekatan berdasarkan luas wilayah. Rasio sedimen terangkut dari keseluruhan material erosi tanah disebut Nisbah Pelepasan Sedimen. Untuk perhitungan sedimen, peneliti tidak melakukan praktikum di laboratorium, namun menggunakan data yang telah ada. Hasil pendugaan nisbah pelepasan sedimen pada masing-masing sub DAS disajikan dalam tabel 7.

Tabel 7. Nilai SDR di Sub-DAS Kali Lamong

No	Sub DAS	SDR (%)
1	Sub DAS Banter	22,09
2	Sub DAS Tegal	21,83
3	Sub DAS Gaun	13,53
4	Sub DAS Kedungpucang	17,72
5	Sub DAS Pucang	13,59
6	Sub DAS Mewek	14,89
7	Sub DAS Glunggung	22,29
Rata-rata		17,991

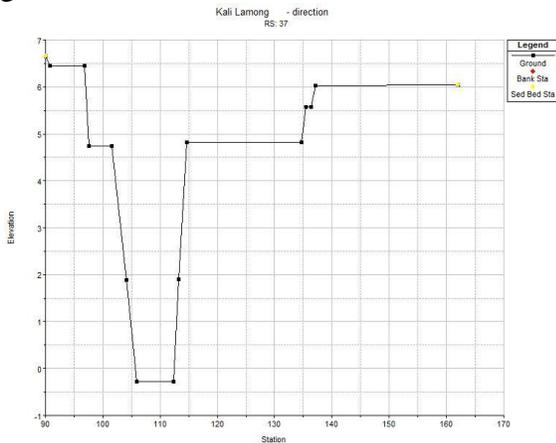
Perencanaan Normalisasi Sungai

Untuk perhitungan profil muka air digunakan program HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System*). Langkah pertama dalam melakukan pemodelan profil muka air adalah membuat skematik sungai yang akan dimodelkan, skematik sungai yang dibuat sesuai dengan kondisi aslinya. Pemodelan dapat dilihat pada gambar 10.



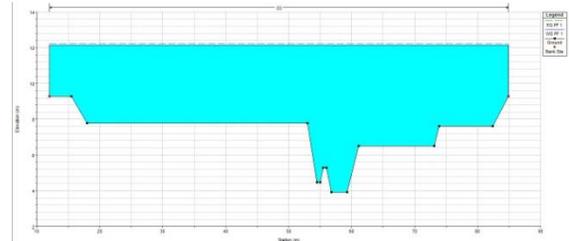
Gambar 10. Skema Pemodelan Sungai Kali Lamong

Langkah berikutnya adalah memasukkan titik koordinat *cross section* sungai yang akan dinormalisasi yang ditampilkan pada gambar 11.



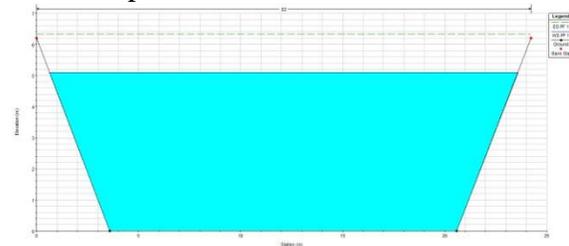
Gambar 11. Contoh *Cross Section*

Kemudian memasukkan data debit. Setelah membuat data alur sungai, data *cross section*, dan data debit yang masuk, dilanjutkan dengan melakukan *running* pada program. Hasil dari *running* program ini adalah profil muka air yang terjadi di *cross section* yang ditampilkan pada gambar 11.



Gambar 11. Profil Muka Air pada *Cross Section*

Dari gambar diatas, dapat diketahui bahwa air telah meluap. Oleh karena itu *cross section* harus dinormalisasi. Pada gambar 12 akan ditampilkan normalisasi beserta profil muka air pada *cross section* tersebut.



Gambar 12. Profil Muka Air pada *Cross Section*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian, metodologi penelitian yang digunakan dan analisis hasil, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit banjir rancangan dengan kala ulang tertentu adalah
 - a. Kala ulang 2 tahun : 648,793 m^3/dt
 - b. Kala ulang 5 tahun : 763,335 m^3/dt
 - c. Kala ulang 10 tahun : 804,227 m^3/dt
 - d. Kala ulang 25 tahun : 845,250 m^3/dt
 - e. Kala ulang 50 tahun : 867,632 m^3/dt
2. Nilai erosi yang terjadi pada DAS Kali Lamong adalah 2,943

ton/ha/tahun dan nilai nisbah pelepasan sedimen (SDR) adalah yang terjadi adalah 17,991%

3. Normalisasi pada alur sungai Kali Lamong yang melewati Kabupaten Gresik hanya menggunakan debit banjir rencana dengan kala ulang 10 tahun, yaitu sebesar 804,227 m³/dt.

Saran

Dalam penelitian ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Dalam penelitian ini tidak dibahas tentang total galian timbunan yang diperlukan untuk normalisasi dan perkuatan struktur dan serta dalam perencanaan normalisasi.

Agar dalam penelitian berikutnya mendapatkan hasil yang lebih baik, maka diharapkan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Perhitungan galian timbunan.
2. Perhitungan struktur untuk normalisasi.
3. Perhitungan rancangan anggaran biaya.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, Sinatala. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.

Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*. Yogyakarta: UGM Press.

Chow, Ven Te. 1997. *Open Channel Hydraulics*. Jakarta : Erlangga.

Chow Ven Te, Maidment, David R, Mays. Larry W. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company.

Sistem Perencanaan Drainase Jalan. Departemen Pekerjaan Umum. 2006.

Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Bandung : Penerbit Nova.

C. D. Soemarto. 1999. *Hidrologi Teknik*. Penerbit Erlangga: Jakarta.

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI.

USDA. 1964. *National Engineering Handbook*. SCS.

Wischmeier, W.H., & D.D., Smith. 1959. *A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil Loss Equation*. Soil Sci. Amer. Proc

Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., dan Cross, B.V. 1971. *A Soil Erodibility Monograph for Farmland and Construction Sites*. J. Soil and Water Conserv.