

**ANALISIS AREA BANJIR SERTA KERUGIAN DI KABUPATEN
GRESIK AKIBAT LUAPAN SUNGAI KALI LAMONG**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**REZA ANANDIA
115060100111036**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS AREA BANJIR SERTA KERUGIAN DI KABUPATEN GRESIK AKIBAT
LUAPAN SUNGAI KALI LAMONG**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



REZA ANANDIA
NIM. 115060100111036

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada 16 Agustus 2016

Dosen Pembimbing I

Ir. Agus Suharyanto, M. Eng, Ph.D

NIP. 19610813 198802 1 001

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT

NIP. 19700829 200012 1 001

Mengetahui Ketua Program Studi

Dr. Eng. Indradi W, ST, M.Eng (Prac)

NIP. 19810220 200604 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 29 Agustus 2016

Mahasiswa,

Reza Anandia

NIM. 115060100111036



HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI

Analisis Area Banjir serta Kerugian di Kabupaten Gresik Akibat Luapan Sungai Kalo

Lamong

Nama Mahasiswa : Reza Anandia

NIM : 115060100111036

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Keairan

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Ir. Agus Suharyanto, M. Eng, Ph. D

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT

Tanggal Ujian : 10 Agustus 2016

SK Penguji : 964/UN10.6/SK/2016



RIWAYAT HIDUP

Reza Anandia lahir di Jakarta, 13 September 1993. Anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Berlin Ismail dan Ibu Rita Rollyta. Menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN 05 Pondok Kelapa pada tahun 1999-2005, melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 255 Jakarta pada tahun 2005-2008, melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 42 Jakarta pada tahun 2008-2011, dan melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2011-2016.



RINGKASAN

Reza Anandia, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Juli 2016. Analisis Area Banjir Serta Kerugian di Kabupaten Gresik Akibat Luapan Sungai Kali Lamong. Dosen pembimbing : Ir. Agus Suharyanto, M.Eng, P.hd dan Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT.

Kabupaten Gresik merupakan kabupaten yang terletak di provinsi Jawa Timur. Terletak di sebelah barat laut Kota Surabaya yang merupakan Ibu Kota Provinsi Jawa Timur. 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 merupakan Sungai utama yang mengalir melewati Kabupaten Gresik. Sungai Kali Lamong merupakan anak dari Sungai Bengawan Solo. 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 sekitar sungai Kali Lamong. Penyebab banjir yang utama adalah curah hujan yang tinggi namun tidak diimbangi oleh kapasitas sungai. Oleh karena itu, banyak pemukiman yang terkena luapan dari Sungai Kali Lamong sehingga mengalami banjir. Selain dari pemukiman, banyak dari persawahan yang terendam banjir. Karena banyaknya pemukiman dan persawahan yang terendam banjir, Kabupaten Gresik mengalami kerugian yang cukup besar. Dengan kondisi dari sungai Kali Lamong yang hampir setiap musim penghujan selalu meluap, maka dibutuhkan prediksi yang akurat untuk mengetahui Lokasi mana saja yang terkena banjir akibat luapan sungai Kali Lamong. Sehingga, bisa dilakukan pencegahan sebelum banjir datang. Dan kerugian yang akan terjadi selanjutnya, dapat diminimalisir.

Hasil debit banjir rencana yang digunakan untuk menentukan lokasi banjir dan kerugian yang diterima, yaitu 335,512 m³/dt. Luapan dari sungai Kali Lamong mengakibatkan terendahnya 3,259 km² persawahan dan terendahnya 201 unit rumah. Kerugian yang didapatkan akibat meluapnya sungai Kali Lamong yaitu sebesar Rp. 17.503.256.500.

Kata Kunci : Banjir, Gresik, Kali Lamong, Debit, Lokasi, Kerugian

SUMMARY

Reza Anandia, Departement of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University. July 2016. *Analysis of Flood Area and Damage Cost at Gresik causes by Kali Lamong River Overflow*. Academic Supervisor : Ir. Agus Suharyanto, M.Eng, P.hd and Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT.

Gresik is a county located in the province of East Java near the northwest city of Surabaya, which is the capital of East Java Province. Total area of Gresik is 1191,25 km², comprising 18 districts. There are 26 sub-districts and 330 villages on Gresik. Gresik is a lowland area with a height between 2-12 meters above sea level. Kali Lamong river is the main river flowing through Gresik. Kali Lamong river is the son of Bengawan Solo river. Kali Lamong river has extensive Lamong Watershed (DAS) ± 720 km² with a length of river channel ± 103 km and has seven tributaries.

In rainy season, Kali Lamong river can not accommodate all of the incoming flow, resulting in flooding around the Kali Lamong river. The main cause of flooding is high rainfall with insufficient capacity of the river. Therefore, many settlements affected by the overflow of the Kali Lamong rivers, so it has flooded. Aside from the settlements, many of the flooded rice field. Due to the large settlements and paddy fields were flooded, Gresik suffered substantial losses. With the condition of Kali Lamong river which almost in every rainy season got overflowing, it needed an accurate prediction to determine location anywhere affected by flooding due to overflowing of Kali Lamong rivers. Thus, prevention could be done before the flood came. And the losses will happened can be minimized.

The result of the flood discharge to determine the location of flood and the damaged cost received is 335,513 m³ / sec. the overflow of the Kali Lamong river affected 3,259 km² fields and 201 housing unit. Total damage cost caused by the overflow of Kali Lamong river is Rp. 17.503.256.500.

Keywords : Flood, Gresik, Kali Lamong, Overflow, Floody area, Losses

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah Swt., atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Area Banjir Serta Kerugian di Kabupaten Gresik Akibat Luapan Sungai Kali Lamong**”. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang.

Tersusunnya laporan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya tempat saya menimba ilmu.
2. Bapak Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Studi S1 Teknik Sipil.
3. Bapak Ir. Sugeng P Budio, MS sebagai Kepala Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya yang selalu memberikan motivasi selama penulis menimba ilmu di Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Suroso, Dipl.HE, M.Eng. sebagai Ketua Kelompok Dosen Keahlian Keairan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
5. Bapak Ir. Agus Suharyanto, M.Eng, P.hd sebagai pembimbing yang selalu mendukung penulisan laporan tugas akhir ini hingga selesai.
6. Bapak Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT. sebagai pembimbing yang selalu mendukung penulisan laporan tugas akhir ini hingga selesai.
7. Seluruh jajaran dosen dan staf Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
8. Bapak dan Ibu sebagai orang tua beserta keluarga yang selalu memberikan kasih sayang, mendoakan, dan mendukung penulis tanpa kenal lelah.
9. Garindra Gustianto sebagai teman skripsi keairan yang selalu membantu penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Teman-teman dari Grup CA sebagai sahabat yang selalu mengingatkan untuk menyelesaikan skripsi secepatnya

11. Teman-teman dari Grup TLC sebagai sahabat yang mendukung penulis untuk segera lulus dari Program Sarjana Teknik Sipil Brawijaya.
12. Teman-teman kontrakan Joyogrand yang selalu menyemangati dan memotivasi penulis tiada henti.
13. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Brawijaya angkatan 2011.
14. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil Universitas Brawijaya.
15. Siti Andini selaku teman, sahabat, pendamping, pendukung, partner, dan pacar yang selalu menemani untuk menyelesaikan penelitian ini serta memberikan motivasi dan dukungan agar tidak pernah menyerah.
16. Serta semua pihak terkait yang telah membantu dalam pembuatan dan penyusunan laporan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya masukan, baik saran maupun kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Semoga laporan ini dapat bermanfaat, khususnya bagi saya sendiri dan umumnya bagi para pembaca.

Malang, Juli 2016

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Maksud dan Tujuan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Hidrologi	5
2.1.1 Curah Hujan Rata-rata Daerah Aliran	5
2.1.2 Curah Hujan Rancangan	7
2.1.3 Uji Kesesuaian Distribusi	10
2.1.4 Intensitas Hujan	13
2.1.5 Penentuan Metode Perhitungan Intensitas Hujan	14
2.1.6 Waktu Konsentrasi	15
2.1.7 Koefisien Aliran Permukaan	16
2.2 Debit Banjir Rancangan	17
2.2.1 Menentukan Debit Air Hujan	18
2.3 Menentukan Debit Aliran.....	18
2.4 Pengertian Banjir.....	21
2.4.1 Daerah Rawan Banjir.....	21
2.4.2 Tingkat Bahaya Banjir.....	22
2.4.3 Penentuan Tinggi Muka Air Banjir dan Lokasi Genangan	23
2.5 Perhitungan Kerugian Akibat Banjir.....	25
2.5.1 Kerugian Fisik yang Langsung	25
2.5.2 Kerugian Tidak Langsung	26
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Kondisi Daerah	27

3.2 Pengumpulan Data	28
3.3 Cara Melaksanakan Penelitian	29
3.4 Diagram Alir	30

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Data Curah Hujan	33
4.2 Uji Konsistensi Data	38
4.3 Penentuan Nilai Hujan Maksimum Dengan Metode Poligon Thiesen	48
4.4 Pemilihan Jenis Sebaran	48
4.5 Curah Hujan Rancangan Distribusi <i>Log Pearson Tipe III</i>	50
4.6 Uji Kesesuaian Distribusi <i>Smirnov – Kolmogorov</i>	52
4.7 Koefisien Pengaliran	53
4.8 Distribusi Jam-jaman	54
4.9 Perhitungan Debit Banjir Rencana	55
4.9.1 Metode Rasional	55
4.9.2 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	55
4.10 Permodelan Kapasitas Sungai Dengan Program Hec-RAS	62
4.11 Menentukan Lokasi Genangan Banjir Dengan Peta Kontur	64
4.12 Perhitungan Kerugian Akibat Luapan Sungai	66

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69

DAFTAR PUSTAKA	70
----------------------	----

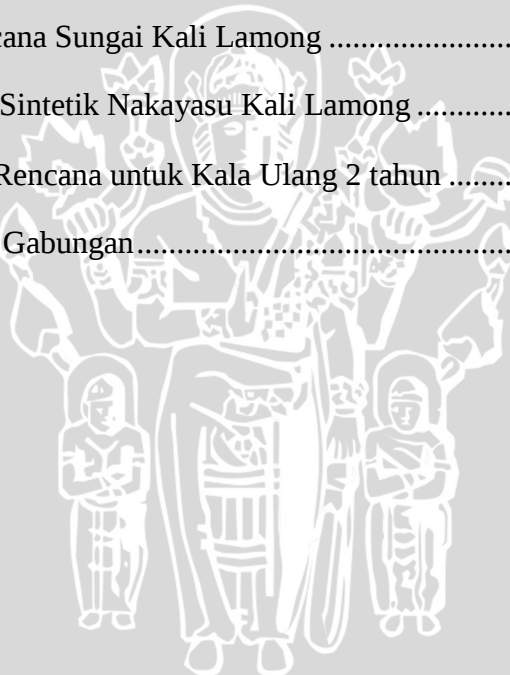
LAMPIRAN	71
----------------	----



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai K dengan Nilai Kepencengan Negatif	9
Tabel 2.2	Nilai K dengan Nilai Kepencengan Positif.....	9
Tabel 2.3	Harga kritis untuk <i>Smirnov-Kolmogorov test</i>	11
Tabel 2.4	Harga kritis dengan metode <i>Chi Square</i>	12
Tabel 2.5	Koefisien pengaliran berdasarkan jenis permukaan / tata guna lahan	17
Tabel 2.6	Penentuan Kedalaman Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Aliran	19
Tabel 2.7	Koefisien Kekasaran Manning	20
Tabel 2.8	Tingkat Bahaya Banjir Menurut Periode Kala Ulang.....	22
Tabel 4.1	Curah Hujan Maksimum Sta. Benjeng	36
Tabel 4.2	Curah Hujan Maksimum Sta. Mantup	36
Tabel 4.3	Curah Hujan Maksimum Sta. Pule Kidul	36
Tabel 4.4	Curah Hujan Maksimum Sta. Bluluk.....	37
Tabel 4.5	Curah Hujan Maksimum Sta. Terusan.....	37
Tabel 4.6	Curah Hujan Maksimum Sta. Mangunan	37
Tabel 4.7	Curah Hujan Maksimum Tahunan.....	38
Tabel 4.8	Uji Konsistensi Sta. Benjeng.....	38
Tabel 4.9	Uji Konsistensi Sta. Mantup.....	39
Tabel 4.10	Uji Konsistensi Sta. Pule Kidul	39
Tabel 4.11	Uji Konsistensi Sta. Bluluk	39
Tabel 4.12	Uji Konsistensi Sta. Terusan.....	40
Tabel 4.13	Uji Konsistensi Sta. Mangunan	40
Tabel 4.14	Nilai Koreksi Curah Hujan Sta. Benjeng.....	41
Tabel 4.15	Nilai Koreksi Curah Hujan Sta. Mantup.....	42
Tabel 4.16	Nilai Koreksi Curah Hujan Sta. Pule Kidul.....	43
Tabel 4.16	Nilai Koreksi Curah Hujan Sta. Bluluk.	44
Tabel 4.17	Nilai Koreksi Curah Hujan Sta. Terusan	45

Tabel 4.18 Nilai koreksi curah hujan Sta. Mangunan	46
Tabel 4.20 Luas dan Bobot Tiap Wilayah	48
Tabel 4.21 Hujan Maksimum Thiesen.....	49
Tabel 4.22 Perhitungan Pemilihan Jenis Sebaran	49
Tabel 4.23 Bentuk Logaritmis Hujan Maksimum	50
Tabel 4.24 Distribusi Log Pearson	51
Tabel 4.25 Perhitungan Pemilihan Jenis Sebaran	52
Tabel 4.26 Nilai Δ Kritis.....	53
Tabel 4.27 Perhitungan Tata Guna Lahan	54
Tabel 4.28 Perhitungan Distribusi Hujan Metode Mononobe	55
Tabel 4.29 Debit Banjir Rencana Sungai Kali Lamong	55
Tabel 4.30 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Kali Lamong	57
Tabel 4.31 Hidrograf Banjir Rencana untuk Kala Ulang 2 tahun	59
Tabel 4.32 Debit Maksimum Gabungan.....	61



DAFTAR GAMBAR

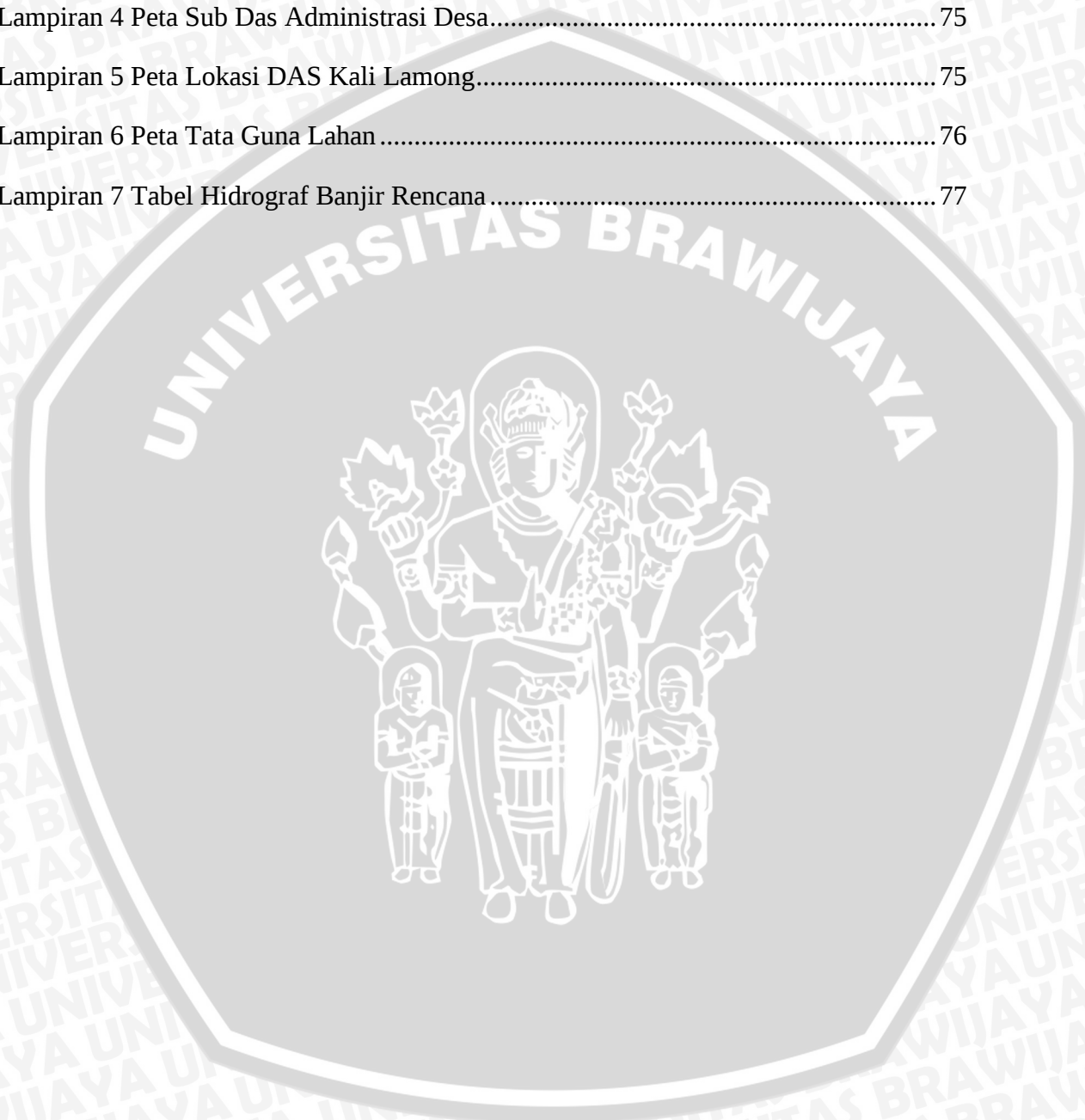
Gambar 2.1	Luas Daerah dengan Poligon Thiesen	6
Gambar 2.2	Luas Daerah dengan Metode Isohyet	7
Gambar 2.3	Pembagian Lebar Sungai dan Kedalamannya	19
Gambar 2.4	Daerah Penguasaan Sungai.....	22
Gambar 2.5	Contoh penampang saluran dalam Hec-RAS	24
Gambar 2.6	Penggambaran persamaan energy pada saluran terbuka	24
Gambar 3.1	Kondisi Daerah Kabupaten Gresik	27
Gambar 3.2	Kawasan Lintang Sempadan Sungai Muara Kali Lamong.....	28
Gambar 3.3	Diagram Alir.....	32
Gambar 4.1	Lokasi DAS Kali Lamong	34
Gambar 4.2	Lokasi Stasiun Hujan.....	35
Gambar 4.3	Grafik Hasil Koreksi Sta. Benjeng	41
Gambar 4.4	Grafik Hasil Koreksi Sta. Mantup	42
Gambar 4.5	Grafik Hasil Koreksi Sta. Pule Kidul	43
Gambar 4.6	Grafik Hasil Koreksi Sta. Bluluk.....	44
Gambar 4.7	Grafik Hasil Koreksi Sta. Terusan.....	45
Gambar 4.8	Grafik Hasil Koreksi Sta.Mangunan.....	46
Gambar 4.9	Pembagian Wilayah Stasiun dengan Metode Thiesen.....	47
Gambar 4.10	Grafik Hujan Rancangan Metode Log Pearson III.....	51
Gambar 4.11	Grafik Unit Hidrograf	59
Gambar 4.12	Grafik Hidrograf Nakayasu Gabungan.....	61
Gambar 4.13	Potongan Memanjang sungai yang terendam air.....	62
Gambar 4.14	Permodelan Pada Penampang Melintang KL 287	63
Gambar 4.15	Permodelan Pada Penampang Melintang KL 287	63
Gambar 4.16	Permodelan Pada Penampang Melintang KL 287	64
Gambar 4.17	Peta Kontur Das Kali Lamong.....	65

Gambar 4.18 Lokasi Permukiman.....	66
Gambar 4.19 Lokasi Permukiman.....	68



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Curah Hujan tiap Stasiun dari Tahun 2003-2014.....	71
Lampiran 2 Poligon Thiesen.....	74
Lampiran 3 Peta Kontur	74
Lampiran 4 Peta Sub Das Administrasi Desa.....	75
Lampiran 5 Peta Lokasi DAS Kali Lamong.....	75
Lampiran 6 Peta Tata Guna Lahan	76
Lampiran 7 Tabel Hidrograf Banjir Rencana.....	77



RINGKASAN

Reza Anandia, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Juli 2016. Analisis Area Banjir Serta Kerugian di Kabupaten Gresik Akibat Luapan Sungai Kali Lamong. Dosen pembimbing : Ir. Agus Suharyanto, M.Eng, P.hd dan Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT.

Kabupaten Gresik merupakan kabupaten yang terletak di provinsi Jawa Timur. Terletak di sebelah barat laut Kota Surabaya yang merupakan Ibu Kota Provinsi Jawa Timur. 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 merupakan Sungai utama yang mengalir melewati Kabupaten Gresik. Sungai Kali Lamong merupakan anak dari Sungai Bengawan Solo. 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 sekitar sungai Kali Lamong. Penyebab banjir yang utama adalah curah hujan yang tinggi namun tidak diimbangi oleh kapasitas sungai. Oleh karena itu, banyak pemukiman yang terkena luapan dari Sungai Kali Lamong sehingga mengalami banjir. Selain dari pemukiman, banyak dari persawahan yang terendam banjir. Karena banyaknya pemukiman dan persawahan yang terendam banjir, Kabupaten Gresik mengalami kerugian yang cukup besar. Dengan kondisi dari sungai Kali Lamong yang hampir setiap musim penghujan selalu meluap, maka dibutuhkan prediksi yang akurat untuk mengetahui Lokasi mana saja yang terkena banjir akibat luapan sungai Kali Lamong. Sehingga, bisa dilakukan pencegahan sebelum banjir datang. Dan kerugian yang akan terjadi selanjutnya, dapat diminimalisir.

Hasil debit banjir rencana yang digunakan untuk menentukan lokasi banjir dan kerugian yang diterima, yaitu 335,512 m³/dt. Luapan dari sungai Kali Lamong mengakibatkan terendahnya 3,259 km² persawahan dan terendahnya 201 unit rumah. Kerugian yang didapatkan akibat meluapnya sungai Kali Lamong yaitu sebesar Rp. 17.503.256.500.

Kata Kunci : Banjir, Gresik, Kali Lamong, Debit, Lokasi, Kerugian

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Gresik terletak di sebelah barat laut kota Surabaya, yang merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Gresik adalah dataran rendah dengan ketinggian 2 - 12 meter diatas permukaan air laut, kecuali Kecamatan Panceng yang berada di 25 meter dia atas permukaan air laut. Luas dari Kabupaten Gresik yaitu 1.191,25 km² yang terbagi atas 18 Kecamatan yang terdiri dari 330 Desa dan 26 Kelurahan. Secara Geografis, wilayah Kabupaten Gresik terletak di antara 112° – 113° Bujur Timur dan 7° – 8° Lintang Selatan. Sebagian dari Kabupaten Gresik merupakan pesisir pantai. Hal inilah yang menjadikan desa Ujungpangkah, Kabupaten Gresik menjadi muara dari sungai besar Bengawan Solo.

Sungai Bengawan Solo merupakan sungai terpanjang yang berada di Pulau Jawa. Sungai Bengawan Solo terbagi dari dua hulu, yaitu dari Wonogiri dan Ponorogo. Sungai Bengawan Solo memiliki panjang sebesar 548,53 km. Sungai Bengawan Solo ini dibagi menjadi empat Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu DAS Bengawan Solo, DAS Kali Grindulu dan Kali Lorog, DAS Pantura Gelangbang (Gresik-Lamongan-Tuban), dan DAS Kali Lamong.

Sungai Kali Lamong mengalir dari Mojokerto dan Lamongan yang merupakan bagian hulu hingga perbatasan antara Gresik dan Surabaya yang merupakan hilir dari sungai tersebut. Sungai Kali Lamong sendiri memiliki panjang 30 km dan lebar sekitar 50 – 60 meter. DAS Kali Lamong memiliki luas sebesar 720 km². Pada musim penghujan, debit dari sungai Kali Lamong cenderung besar. Namun, besarnya debit ini tidak mampu dialirkan dengan baik, sehingga air sungai meluap dan mengakibatkan banjir hampir setiap tahun.

Kabupaten Gresik merupakan daerah yang sering dilanda banjir ketika musim penghujan, khususnya daerah di sekitar sungai Kali Lamong tersebut. Hal ini terjadi karena luapan dari sungai Kali Lamong tersebut. Wilayah pada Kabupaten Gresik yang selalu mengalami bencana banjir, yaitu: Kecamatan Balong panggang, Benjeng, Morowudi, Bringkang, Cerme dan Menganti.

Peristiwa banjir dimanapun selalu menimbulkan dampak negatif. Dampak negatif yang biasanya terjadi, antara lain: kerusakan struktur (bangunan, jembatan, sistem drainase, jalan raya, dll), kontaminasi air, timbulnya penyakit, potensi gagal panen pada lahan pertanian, dan kerugian ekonomi. Tidak berbeda halnya dengan banjir yang melanda Kabupaten Gresik. Pada tanggal 6 Februari 2015, banjir akibat Kali Lamong menenggelamkan lebih dari 1000 rumah, berhektar-hektar tambak, dan menewaskan korban jiwa.

Penyebabnya mungkin peningkatan curah hujan tinggi yang tidak diimbangi oleh kapasitas sungai. Kapasitas dari sungai Kali Lamong yang semakin lama semakin berkurang inilah yang mengakibatkan sungai Kali Lamong ini selalu meluap di hampir setiap musim penghujan.

Setelah mengetahui penyebab banjir yang terjadi pada sungai Kali Lamong, oleh karena itu perlu diadakan analisis lebih lanjut. Analisis yang dilakukan yaitu analisis terkait dengan curah hujan yang terjadi pada sungai Kali Lamong pada saat banjir. Selain itu, perlu juga menganalisis tentang kapasitas sungai Kali Lamong untuk mengetahui apakah sebenarnya sungai Kali Lamong tersebut memiliki kapasitas yang sudah cukup atau tidak. Setelah menganalisis kedua data tersebut, hal terakhir yang dilakukan yaitu menganalisis luas genangan yang terjadi akibat luapan dari sungai Kali Lamong. Dengan mendapatkan hasil dari ketiga analisis tersebut, maka dapat diprediksi berapa jumlah kerugian pada wilayah Kabupaten Gresik yang terjadi akibat banjir dari luapan sungai Kali Lamong.

1.2. Identifikasi Masalah

Banjir yang terjadi di Kabupaten Gresik, terjadi di setiap musim hujan. Dari pihak pemerintah sendiri pun belum ada upaya penanganan yang serius terkait masalah banjir yang diakibatkan oleh luapan dari sungai Kali Lamong tersebut.

Penyebab terjadinya luapan pada sungai Kali Lamong, antara lain : tingginya erosi dan sedimentasi, perubahan penggunaan lahan dari daerah tembus air menjadi daerah tidak tembus air, dan perubahan iklim. Akibat dari luapan sungai Kali Lamong tersebut, yaitu banyak daerah industri dan pemukiman yang tergenang. Dengan tergenangnya area pemukiman, industri, persawahan, dan yg lainnya, maka akan menimbulkan kerugian yang cukup besar.

1.3. Rumusan Masalah

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

1. Apakah kapasitas dari alur sungai Kali Lamong masih mampu untuk menampung debit yang berasal dari curah hujan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun?
2. Dimana lokasi genangan akibat hujan dengan kala ulang 25 tahun?
3. Berapa besarnya kerugian yang ditimbulkan akibat luapan sungai Kali Lamong pada hujan dengan kala ulang 25 tahun?

1.4. Batasan Masalah

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

1. Tidak menganalisa struktur bangunan sungai,
2. Analisa hidrologi hanya membahas analisa data curah hujan yang terukur dalam kurun waktu 10 tahun,
3. Ruas sungai yang dibahas hanya sungai utama Kali Lamong yang melintasi kabupaten Gresik.
4. Prediksi dari jumlah kerugian yang terjadi hanya akibat dari meluapnya sungai Kali Lamong.

1.5. Maksud dan Tujuan

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 apakah debit rancangan dapat ditampung atau tidak oleh sungai Kali Lamong.
2. Mengetahui lokasi genangan akibat hujan dengan kala ulang 25 tahun.
3. Dapat memperkirakan besarnya kerugian yang terjadi akibat genangan banjir sungai Kali Lamong pada hujan dengan kala ulang 25 tahun.



BAB II DASAR TEORI

2.1. Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam kita ini. Ini meliputi berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan-perubahannya antara keadaan cair, gas, dan padat dalam atmosfer, di atas dan permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi ini.

2.1.1. Curah Hujan Rata –Rata Daerah Aliran

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada satu titik tertentu. Curah hujan ini di sebut curah hujan rata – rata daerah dan dinyatakan dalam satuan mm (Sosrodarsono, 1993:27). Curah hujan daerah dapat di perkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan pada daerah yang di tinjau. Cara – cara yang biasa di gunakan antara lain:

1. Metode Rata –rata Aljabar

Metode ini adalah perhitungan rata –rata aljabar curah hujan di dalam dan di luar kawasan yang diteliti. Metode ini adalah metode yang paling sederhana karena tidak memperhitungkan luas daerah di sekitar stasiun hujan. Metode ini cocok untuk daerah dengan topografi datar serta memiliki stasiun pengamatan yang banyak dan tersebar merata di seluruh daerah.

Rumus untuk metode ini adalah:

$$d = \frac{\sum (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n)}{n} \quad \dots (2-1)$$

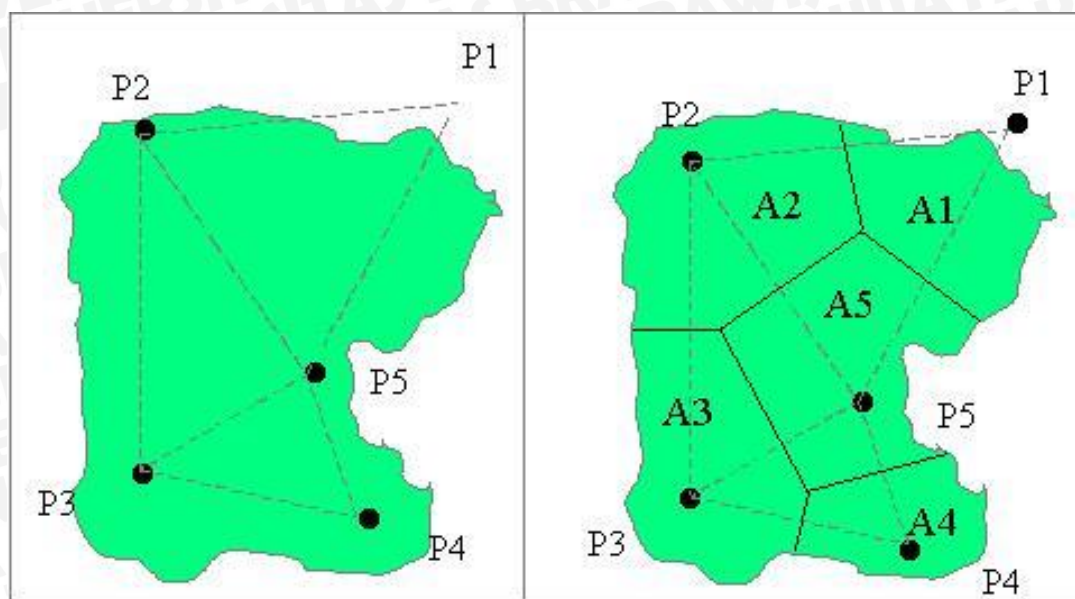
$$d = \frac{\sum P_i}{n} \quad \dots (2-2)$$

dengan:

d = Curah Hujan Rerata Daerah Maksimum (mm)

P_i = Curah Hujan Stasiun ke –i (mm)

n = Jumlah Stasiun Hujan



Gambar 2.1 Luas daerah dengan Poligon Thiessen

2. 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. Hasil dari metode ini lebih akurat dari rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah dengan luas 500 – 5000 km².

3. Metode Isohyet

Pada metode ini digunakan peta isohyet yaitu peta dengan garis – garis yang menghubungkan tempat yang memiliki curah hujan bervariasi yang sama besar. Metode ini cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur.

Rumus untuk metode ini adalah:

$$d = \frac{\sum (P_1.A_1 + P_2.A_2 + \dots + P_n.A_n)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad \dots\dots (2-3)$$

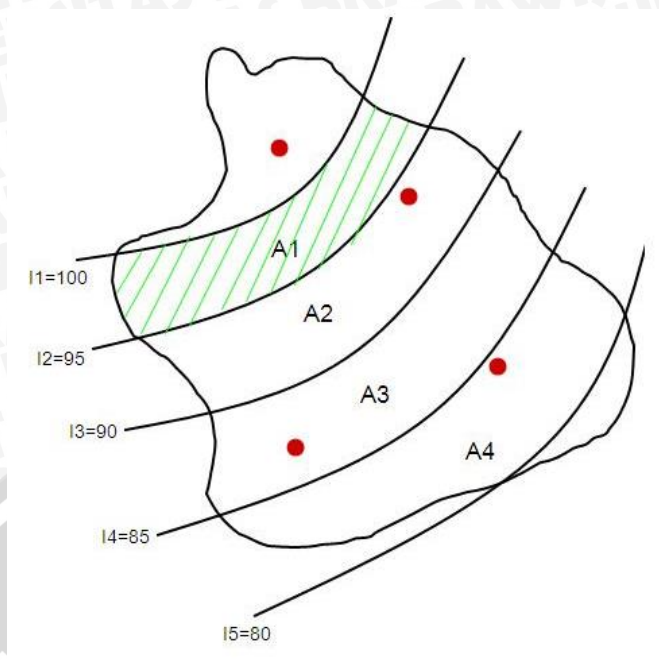
$$d = \frac{\sum P_i.A_i}{\sum A} \quad \dots\dots (2-4)$$

dengan:

d = Curah Hujan Rerata Daerah Maksimum (mm)

A_i = Luas Daerah Stasiun ke i (km²)

ΣA = Luas Daerah Total (km²)



Gambar 2.2 Luas daerah dengan Metode Isohyet

2.1.2. Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah hujan terbesar tahunan untuk hujan pada periode ulang tertentu. Curah hujan rancangan diperlukan untuk mendapatkan tinggi hujan yang mungkin terjadi pada periode waktu tertentu. Periode waktu yang dibutuhkan dalam mencari curah hujan rancangan disesuaikan dengan keperluan perancangan. Berbagai metode yang dapat dipakai dalam menganalisa curah hujan rancangan antara lain distribusi *Gumbell*, *Log Normal*, *Log Pearson Type III* dan lain lain. Untuk merancangkan macam analisa frekuensi, perlu dihitung parameter – parameter statistik seperti koefisien C_s , C_v , C_k . Syarat untuk distribusi:

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
Gumbel Tipe I	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$
Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$ $C_k = 5,383$

Sumber : CD. Soemarto, 1999

Untuk menentukan metode yang sesuai maka terlebih dahulu harus dihitung besarnya parameter statistik yaitu C_s (*skewness*) dan C_k (*kurtosis*).

Persamaan yang digunakan adalah:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3} \quad \dots\dots (2-5)$$

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot S^4} \quad \dots\dots (2-6)$$

Apabila harga C_s dan C_k tidak memenuhi persyaratan distribusi Gumbell dan Normal maka digunakan metode Log Pearson III, karena ini dapat dipakai untuk semua sebaran data. Parameter – parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson Type III adalah:

1. Nilai rata – rata
2. Standar deviasi
3. Koefisien kepercengan

Berikut ini langkah – langkah penggunaan distribusi Log – Pearson Tipe III: (Suripin, 2004: 41)

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X_i = \text{Log } X_i$

2. Hitung harga rata –rata: $\log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n}$

3. Hitung harga simpangan baku (standar deviasi) =

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^2}{n-1} \right]^{0,5}$$

4. Hitung koefisien kepercengan = $C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3}$

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus =
 $\text{Log } X_t = \log X + K \cdot s$

Dimana K adalah variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kepercengan. Nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Nilai K Dengan Nilai Kepencengan Negatif

Koef. Skew	Kala Ulang (Tahun)							
	1.01	2	5	10	25	50	100	200
0	-2.326	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	-2.4	0.017	0.846	1.27	1.716	2	2.252	2.482
-0.2	-2.472	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178	2.338
-0.3	-2.544	0.05	0.853	1.245	1.643	1.89	2.104	2.294
-0.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	-2.686	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	-2.755	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	2.016
-0.7	-2.824	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	-2.957	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.66	1.749
-1	-3.022	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	-3.087	0.18	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.518
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	-3.211	0.21	0.838	1.064	1.24	1.324	1.383	1.424
-1.4	-3.271	0.225	0.832	1.041	1.165	1.27	1.318	1.351
-1.5	-3.33	0.24	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	-3.388	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	-3.444	0.268	0.808	0.97	1.075	1.116	1.14	1.155
-1.8	-3.499	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	-3.553	0.294	0.788	0.92	0.996	1.023	1.037	1.044
-2	-3.605	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99	0.995
-2.1	-3.656	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	-3.705	0.33	0.752	0.844	0.888	0.9	0.905	0.907
-2.3	-3.753	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	-3.8	0.351	0.725	0.795	0.823	0.83	0.832	0.833
-2.5	-3.845	0.36	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.8
-2.6	-3.889	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	-3.932	0.376	0.681	0.724	0.738	0.74	0.74	0.741
-2.8	-3.937	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	-4.013	0.39	0.651	0.681	0.683	0.689	0.69	0.69
-3	-4.051	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.667	0.667

Tabel 2.2 Nilai K dengan nilai kepengcengan positif

Koef. Skew	Kala Ulang (Tahun)							
	1.01	2	5	10	25	50	100	200
3	-0.667	-0.396	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	4.97
2.9	-0.69	-0.39	0.44	1.195	2.227	3.134	4.013	4.904
2.8	-0.714	-0.384	0.46	1.21	2.275	3.114	3.937	4.847
2.7	-0.74	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.769	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.799	-0.36	0.518	1.25	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8	4.584
2.3	-0.867	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.905	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705	4.444
2.1	-0.946	-0.319	0.592	1.294	2.23	2.942	3.656	4.372
2	-0.99	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-1.037	-0.294	0.627	1.31	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-1.087	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-1.14	-0.268	0.66	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-1.197	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	3.99
1.5	-1.256	-0.24	0.69	1.333	2.146	2.743	3.33	3.91
1.4	-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-1.383	-0.21	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-1.518	-0.18	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1	-1.588	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-1.66	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-1.733	-0.132	0.78	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-1.806	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-1.88	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-1.955	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.331	2.686	3.041
0.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	2.949
0.3	-2.104	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-2.178	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-2.252	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.4	2.67
0	-2.326	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

2.1.3. Uji Kesesuaian Distribusi

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi frekuensi ini adalah untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut. Ada dua cara untuk melakukan kesesuaian distribusi frekuensi yang umum digunakan untuk menguji probabilitas yang terjadi, yaitu: (Soewarno, 1995: 194)

1. Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horizontal antara distribusi empiris dan distribusi teoritik. Dari data plotting data hujan pada kertas distribusi log – Pearson tipe III dapat dihitung besarnya probabilitas yang terbesar ($\Delta P_{\max}$).

$$|P_{(t)} - P_{(e)}| = \Delta P_{\max} \quad \dots\dots (2-7)$$

Dengan:

$P_{(t)}$ = Peluang teoritis

$P_{(e)}$ = Peluang empiris

$\Delta P_{\max}$ = Selisih yang dimutlakan

Untuk mengadakan pemeriksaan terlebih dahulu harus diadakan plotting data dari hasil pengamatan pada kertas probabilitas dan garis durasi yang sesuai dengan perhitungan secara teoritis. Plotting data dan garis durasi pada kertas probabilitas dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

- Dengan menyusun data curah hujan rata –rata harian maksimum tiap tahun dari besar ke kecil atau sebaliknya
- Probabilitas dapat dihitung dengan rumus Weinbull (Soewarno, 1995: 114)

$$P = \frac{m}{n+1} \quad \dots\dots (2-8)$$

Dengan:

P = Probabilitas

m = Nomor urut data yang sudah diurutkan

n = Jumlah data

- Memplot log data curah hujan (log Xi) sesuai dengan probabilitas empiris (Pe) pada kertas probabilitas log Pearson tipe III untuk mendapatkan $\Delta P_{\max}$

Tabel 2.3 Harga kritis untuk Smirnov – Kolmogorov test

N	a			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	1,22	1,36	1,63
	$N^{0,5}$	$N^{0,5}$	$N^{0,5}$	$N^{0,5}$

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, 2004

- Memplot garis durasi sesuai distribusi frekwensi
- Dari gambar yang dihasilkan untuk mengontrol perbedaan yang timbul dari cara empiris dan teoritis digunakan uji Smirnov – Kolmogorov Test. $|P_{(t)} - P_{(e)}|$ dicari yang paling maksimum untuk dikontrol terhadap nilai kritis (ΔP_{jr}) pada Tabel 2.3.

2. Uji Chi – Kuadrat

Pengujian ini sama dengan pengujian Smirnov – Kolmogorov dimana diperlukan untuk menguji simpangan secara vertikal dan untuk menguji apakah distribusi teoritis yang dianalisa memiliki nilai yang sama dengan distribusi empiriknya.

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \quad \dots\dots (2-9)$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$k = 1 + 3,22 \log n$$

$$Dk = k - (P + 1)$$

Dengan:

Of = Nilai yang diamati

Ef = Nilai yang diharapkan

k = Jumlah kelas distribusi

N = Banyaknya sampel data

Dk = Derajat kebebasan

P = Parameter sebaran Chi Kuadrat, (ditetapkan P = 2)

Supaya distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima maka harga $X^2 < X^2_{Cr}$.

Harga X^2_{Cr} dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikan Δ dengan derajat kebebasan (*level of significant*). Nilai dari X^2_{Cr} dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Harga kritis dengan metode Chi Square

Percentage Points of the Chi-Square Distribution									
Degrees of Freedom	Probability of a larger value of x^2								
	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.84	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
22	9.542	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.26	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	63.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

2.1.4. Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan yang dinyatakan dengan I menyatakan besarnya curah hujan dalam jangka pendek yang memberikan gambaran derasnya hujan perjam. Untuk mengubah curah hujan menjadi intensitas curah hujan dapat digunakan 2 metode sebagai berikut:

- Metode Van Breen

Untuk mengetahui intensitas curah hujan menggunakan metode ini maka digunakan persamaan

$$I_T = \frac{54R_T + 0,007R_T^2}{t_c + 0,31R_T} \dots\dots (2-10)$$

Dengan:

I_T = Intensitas curah hujan pada suatu periode ulang (T tahun)

R_T = Tinggi curah hujan pada periode ulang T tahun (mm/hari)

- Metode Hasper Der Weduwen

Untuk mengetahui intensitas curah hujan menggunakan metode ini maka digunakan persamaan

$$R_t = X_t \left[\frac{1218t + 54}{X_t(1-t) + 1272t} \right] \dots\dots (11)$$

Untuk durasi $0 \leq t \leq 1$ jam

$$R = \sqrt{\frac{11300t}{t + 3.12} \left[\frac{R_t}{100} \right]} \dots\dots (12)$$

Setelah mendapatkan nilai dari persamaan di atas kemudian hitung intensitas curah hujan dengan persamaan

$$I = \frac{R}{t} \dots\dots (13)$$

Dengan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R, R_t = Curah hujan menurut Hasper

t = Durasi curah hujan (jam)

X_t = Curah hujan harian maksimum yang terpilih (mm/hari)

2.1.5. Penentuan Metode Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah semakin tinggi dan semakin besar periode ulangnya maka makin tinggi juga intensitasnya. 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 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jam – jam an untuk membentuk lengkung IDF. Selanjutnya lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu dari beberapa persamaan berikut (Suripin, 2004:66):

- Rumus Talbot (1881), rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan dan tetapan – tetapan a dan b ditentukan dengan harga- harga terukur.

$$I = \frac{a}{t+b} \quad \dots\dots (2-14)$$

Dengan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

$$a = \frac{\sum(I.t) \cdot \sum(I^2) - \sum(I^2.t) \cdot \sum(I)}{N \cdot \sum(I^2) - \sum(I) \cdot \sum(I)}$$

$$b = \frac{\sum(I) \cdot \sum(I.t) - N \cdot \sum(I^2.t)}{N \cdot \sum(I^2) - \sum(I) \cdot \sum(I)}$$

N = banyaknya data.

- Rumus Sherman (1905), rumus ini mungkin cocok dengan untuk jangka waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam.

$$I = \frac{a}{t^n} \quad \dots\dots (2-15)$$

Dengan:

I = intensitas hujan (mm/jam)

$$a = \left[\frac{\sum(\log I) \cdot \sum(\log t)^2 - \sum(\log t \cdot \log I) \cdot \sum(\log t)}{N \cdot \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \cdot \sum(\log t)} \right]^{10}$$

$$n = \frac{\sum(\log I) \cdot \sum(\log t) - \sum(\log t \cdot \log I)}{N \cdot \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \cdot \sum(\log t)}$$

t = lamanya hujan (jam)

n = banyaknya data

- Rumus Ishiguro (1953)

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad \dots\dots (2-16)$$

Dengan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

$$a = \frac{\sum(I \cdot \sqrt{t}) \cdot \sum(I^2) - \sum(I^2 \cdot \sqrt{t}) \cdot \sum(I)}{N \cdot \sum(I^2) - \sum(I) \cdot \sum(I)}$$

$$b = \frac{\sum(I) \cdot \sum(I \cdot \sqrt{t}) - N \cdot \sum(I^2 \cdot \sqrt{t})}{N \cdot \sum(I^2) - \sum(I) \cdot \sum(I)}$$

t = Lamanya hujan (mm)

n = banyaknya data

- Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \dots\dots (17)$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

$R24$ = curah hujan maksimum harian (mm)

2.1.6. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yaitu:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad \dots\dots (2-18)$$

Dimana:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang saluran utama (km)

S = kemiringan rata rata saluran

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen, yaitu (1) waktu yang diperlukan air untuk mengalir dipermukaan lahan sampai saluran terdekat t_0 dan (2) waktu perjalanan dari masuk saluran sampai titik keluaran t_d , sehingga:

$$t_c = t_0 + t_d \quad \dots (2-19)$$

dimana:

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{n}{\sqrt{i_s}} \right]^{0,167} \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \text{ menit}$$

dimana:

n = angka kekasaran Manning

i_s = kemiringan saluran

I_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L_s = panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)

V = kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

2.1.7 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 dari koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Nilai C rata – rata dapat dihitung dengan rumus:

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i A_i}{\sum_{i=1}^N A_i} \quad \dots (2-20)$$

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

2.2. Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan adalah debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Untuk menentukan kapasitas saluran drainase harus dihitung dahulu jumlah air hujan dan jumlah air buangan rumah tangga yang akan melewati saluran drainase utama dalam daerah studi. Debit rancangan (Q_R) adalah debit air hujan (Q_{ah}) ditambah dengan debit buangan domestik (Q_{ad}).

Tabel 2.5 Koefisien pengaliran berdasarkan jenis permukaan / tata guna lahan

TABEL KOEFISIEN RUNOFF(C)		
Type daerah aliran		Harga C
Rerumputan	tanah pasir, datar, 2%	0,05 - 0,10
	tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
	tanah pasir, curam, 7%	0,15 - 0,20
	tanah gemuk, datar	0,13 - 0,17
	tanah gemuk, rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
	tanah gemuk, curam 7%	0,25 - 0,35
Business	daerah kota lama	0,75 - 0,95
	daerah pinggiran	0,3 - 0,70
Perumahan	daerah "single family"	0,30 - 0,50
	"multi units"terpisah-pisah"	0,40 - 0,60
	"multi units"tertutup"	0,60 - 0,75
	"suburban"	0,25 - 0,40
	daerah rumah-rumah apartemen	0,50 - 0,70
industri	daerah ringan	0,50 - 0,80
	daerah berat	0,60 - 0,90
Pertamanan		0,10 - 0,25
Tempat Bermain		0,20 - 0,35
Halaman Kereta api		0,20 - 40

Sumber : Perancangan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006

2.2.1. Menentukan Debit Air Hujan

Untuk mengetahui besarnya debit yang jatuh akibat hujan dipergunakan rumus rasional, yaitu metode yang pada umumnya digunakan untuk perancangan drainase. Adapun rumus rasional tersebut adalah sebagai berikut (Subarkah, 1980: 48):

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad \dots (2-21)$$

Dimana:

Q = Debit banjir rancangan ($m^3/detik$)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km^2)

C = Koefisien pengaliran rata-rata

2.3. Menentukan Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran (Asdak, 2010).

Menurut Rahayu (2009), pengukuran kecepatan aliran dengan metode ini dapat menghasilkan perkiraan kecepatan aliran yang memadai. Prinsip pengukuran metode ini adalah mengukur kecepatan aliran tiap kedalaman pengukuran (d) pada titik interval tertentu dengan "*current meter*" atau "*flow probe*".

Langkah pengukurannya adalah sebagai berikut :

1. Pilih lokasi pengukuran pada bagian sungai yang relatif lurus dan tidak banyak pusaran air. Bila sungai relatif lebar, bawah jembatan adalah tempat pengukuran cukup ideal sebagai lokasi pengukuran.
2. Bagilah penampang melintang sungai / saluran menjadi 10-20 bagian yang sama dengan interval tertentu.
3. Ukur kecepatan aliran pada kedalaman tertentu sesuai dengan kedalaman sungai pada setiap titik interval yang telah dibuat sebelumnya.
4. Hitung kecepatan aliran rata-ratanya.

Tabel 2.6. Penentuan Kedalaman Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Aliran

Kedalaman Sungai (m)	Kedalaman Pengukuran	Perhitungan kecepatan rata-rata
0-0.6	0.6 d	$V = V$
0.6-3	0.2 d dan 0.8 d	$V = 0.5 (V_{0.2} + V_{0.8})$
3-6	0.2 d, 0.6 d dan 0.8 d	$V = 0.25 (V_{0.2} + 0.6 + V_{0.8})$
>6	s. 0.2 d, 0.6 d dan 0.8 d dan b	$V = 0.1 (V_S + 3V_{0.2} + 2V_{0.6} + 3V_{0.8} + V_b)$

Dimana :

d = kedalaman pengukuran

S = permukaan sungai

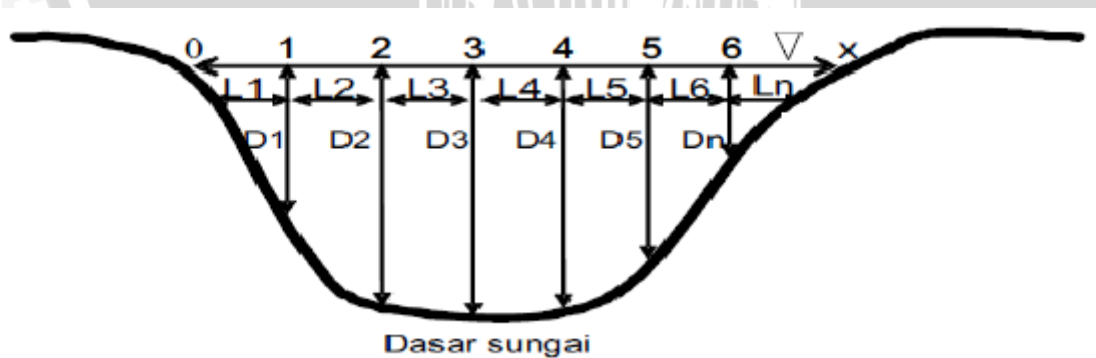
b = Dasar sungai

V = kecepatan (m/detik)

Pengukuran debit sungai dikatakan secara tidak langsung apabila kecepatan alirannya tidak diukur langsung, akan tetapi dihitung berdasarkan rumus hidraulis debit dengan rumus *manning*, *chezy*, serta *Darcy Weisbach*. Salah satu rumusnya yaitu rumus *Manning* dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2} \quad \text{..... (2-22)}$$

$$Q = A x V \quad \text{..... (2-23)}$$



Gambar 2.3 Pembagian Lebar Sungai dan Kedalamannya

Sumber : Rahayu, 2009

Dimana :

Q = Debit air ($m^3/detik$)

A = Luas Penampang (m^2)

V = Kecepatan Aliran ($m/detik$)

R = Jari-jari hidrolis

S = Slope / kemiringan

n = Koefisien Dasar saluran

Pada sungai-sungai yang besar, penggunaan alat ukur yang diterapkan di laboratorium menjadi tidak praktis, dan pengukuran debit dilakukan dengan suatu alat pengukuran kecepatan aliran yang disebut pengukur arus (*current meter*). Suatu hubungan tinggi muka air debit, atau kurva debit (*rating curve*). Kurva debit (*rating curve*) biasa juga disebut lengkung aliran dibuat memplot debit yang diukur terhadap tinggi muka air pada saat pengukuran (Sasongko, 1985).

Tabel 2.7. Koefisien Kekasaran Manning

Permukaan	N	
	Minimum	Maksimum
Permukaan yang dilapisi		
Permukaan dari acian semen yang rapi	0,01	0,013
Permukaan saluran yang terbuat dari kayu	0,01	0,014
Saluran yang terbuat dari papan halus	0,01	0,017
Pipa air limbah yang terbuat dari besi patri (kasar)	0,01	0,015
Saluran yang terbuat dari metal logam (halus)	0,011	0,013
Beton Precast	0,011	0,015
Permukaan dari mortar semen	0,011	0,015
Saluran terbuat dari papan tidak halus	0,011	0,015
Ubin untuk drainase	0,011	0,017
Beton monolit	0,012	0,016
Pelapis besi	0,013	0,017
Permukaan semen yang kasar	0,017	0,03
Kanal		
Hasil pengukuran tanah halus	0,025	0,033
Pada batuan yang dipotong halus	0,025	0,035
Dengan dasar dan sisi-sisinya ditumbuhi rumput liar	0,025	0,04
Pada batuan yang dipotong kasar & tidak rata	0,015	0,045
Saluran Alam		
Halus dan lurus	0,025	0,033
Dengan kondisi dipenuhi rumput dan bebatuan	0,045	0,06
Yang dalam dan dipenuhi rumput	0,075	0,15
Dataran		
Padang rumput	0,025	0,05
Semak - semak	0,035	0,16
Perpohonan		
-Padat	0,011	0,2
-Jarang	0,03	0,05
-Dengan pohon yang besar -besar	0,08	0,12

2.4. Pengertian Banjir

Banjir adalah setiap aliran yang relatif tinggi yang melampaui tanggul sungai sehingga aliran air menyebar ke dataran sungai dan menimbulkan masalah pada manusia (Chow, 1970). Definisi di atas menjelaskan bahwa banjir terjadi apabila kapasitas alir sungai telah terlampaui dan air telah menyebar ke dataran banjir.

Menurut Hasibuan (2004), banjir adalah jumlah debit air yang melebihi kapasitas pengaliran air tertentu, ataupun meluapnya aliran air pada palung sungai atau saluran sehingga air melimpah dari kiri kanan tanggul sungai atau saluran. Dalam kepentingan yang lebih teknis, banjir dapat disebut sebagai genangan air yang terjadi di suatu lokasi yang diakibatkan oleh: Perubahan tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS); Pembuangan sampah; Erosi dan sedimentasi; Perancangan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat; Curah hujan yang tinggi; Pengaruh fisiografi/geofisik sungai; Kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai; Pengaruh air pasang; Penurunan tanah dan *rob* (genangan akibat pasang surut air laut) (Kodoatie, 2005).

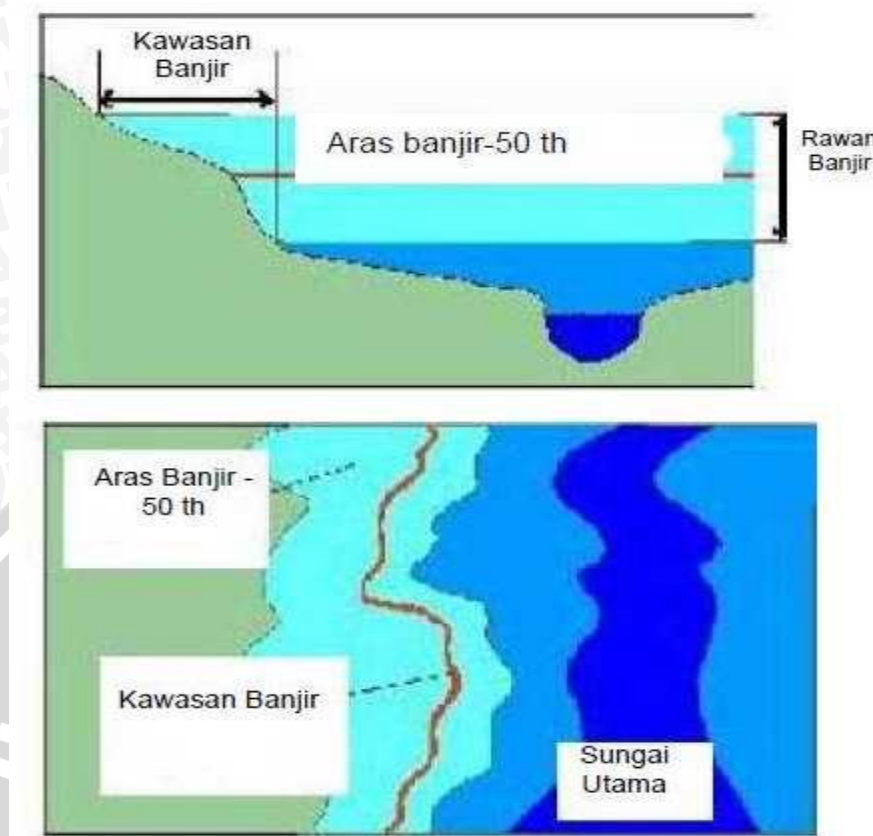
2.4.1. Daerah Rawan Banjir

Daerah rawan banjir dapat dikenali berdasarkan karakter wilayah banjir yang dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- 1) limpasan dari tepi sungai,
- 2) wilayah cekungan,
- 3) banjir akibat pasang surut

Menurut Peraturan Menteri PU No. 63/PRT/1993 tentang garis sempadan sungai, daerah manfaat sungai, daerah penguasaan sungai dan bekas sungai, daerah penguasaan sungai adalah dataran banjir, daerah retensi, bantaran atau daerah sempadan seperti gambar 2.7. Elevasi dan debit banjir daerah rawan banjir sekurang-kurangnya ditentukan berdasarkan analisis perioda ulang 50 tahunan.

Tingkat resiko di daerah rawan banjir bervariasi tergantung ketinggian permukaan tanah setempat. Dengan menggunakan peta kontur ketinggian permukaan tanah serta melalui analisis hidrologi dan hidrolika dapat ditentukan pembagian dataran banjir menurut tingkat resiko terhadap banjir. Pembagian daerah rawan banjir digunakan sebagai bahan acuan penataan ruang wilayah perkotaan sehingga diketahui resiko banjir yang akan terjadi. Dengan mengikuti pemetaan daerah rawan banjir yang telah diperbaiki maka resiko terjadi bencana/kerusakan/kerugian akibat genangan banjir yang diderita oleh masyarakat menjadi minimal



Gambar 2.4 Daerah Penguasaan Sungai

2.4.2. Tingkat Bahaya Banjir

Banjir terjadi sepanjang sistem sungai dan anak-anak sungainya mampu membanjiri wilayah luas dan mendorong peluapan air di dataran banjirnya (*flood plain*). Dataran banjir merupakan daerah rawan banjir yang dapat diklasifikasi berdasarkan kala ulang banjirnya. Dataran banjir di sekitar bantaran sungai yang masuk dalam daerah genangan pada debit banjir tahunan Q_1 merupakan daerah rawan banjir sangat tinggi. Tabel 2.8 menjelaskan klasifikasi ini yang akan diadopsi dalam studi ini.

Tabel 2.8 Tingkat Bahaya Banjir menurut Periode Kala Ulang

Kelas	Kala Ulang Debit Banjir	Tingkat Bahaya Banjir
1	$Q_{50} - Q_{100}$	Rendah
2	$Q_{30} - Q_{50}$	Sedang
3	$Q_{10} - Q_{30}$	Tinggi
4	$Q_1 - Q_{10}$	Sangat Tinggi

2.4.3. Penentuan Tinggi Muka Air Banjir dan Lokasi Genangan

Setelah mengetahui adanya perbedaan antara debit banjir rancangan dengan debit banjir eksisting dari sungai Kali Lamong, maka tahap selanjutnya yaitu penentuan tinggi muka air banjir dan lokasi terjadinya luapan dengan menggunakan permodelan hidrolika, yang pada penelitian ini saya menggunakan Program HEC – RAS.

a. Pemodelan Hidrolika (HEC - RAS)

Dalam perancangan Kapasitas saluran digunakan Program HEC – RAS (*Hidrologic Engineering System River Analysis System*). Ruang lingkup HEC – RAS adalah untuk menghitung profil muka air dengan pemodelan aliran *steady* dan *unsteady*, serta perhitungan pengangkutan sedimen. Elemen yang paling penting dalam HEC – RAS adalah tersedianya geometri saluran baik melintang ataupun memanjang.

b. Konsep Perhitungan dalam HEC - RAS

Dalam HEC-RAS penampang sungai atau saluran ditentukan terlebih dahulu, kemudian luas penampang akan dihitung. Untuk mendukung fungsi saluran sebagai penghantar aliran maka penampang saluran dibagi atas beberapa bagian. Pendekatan yang dilakukan HEC-RAS adalah membagi area penampang berdasarkan dari nilai *n* (koefisien kekasaran manning) sebagai dasar bagi pembagian penampang. Setiap aliran yang terjadi pada bagian dihitung dengan menggunakan persamaan **Manning**:

$$Q = KS^{1/2} \quad \text{dan} \quad K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \quad \dots\dots (2-24)$$

Dimana :

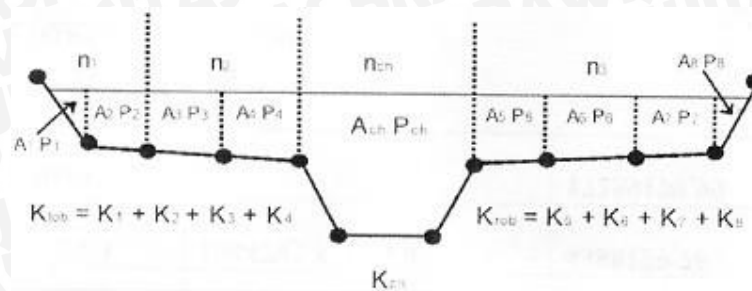
K = nilai pengantar aliran pada unit

n = koefisien kekasaran manning

A = luas bagian penampang

R = jari-jari hidrolik

Perhitungan nilai *K* dapat dihitung berdasarkan kekasaran manning yang dimiliki oleh bagian penampang tersebut seperti terlihat pada gambar.



Gambar 2.5 Contoh penampang saluran dalam HEC-RAS

Setelah penampang ditentukan maka HEC-RAS akan menghitung profil muka air. Konsep dasar penghitungan profil permukaan air berdasarkan persamaan energi yaitu:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad \text{..... (2-25)}$$

Dimana :

Z = fungsi titik diatas garis referensi

Y = fungsi tekanan di suatu titik

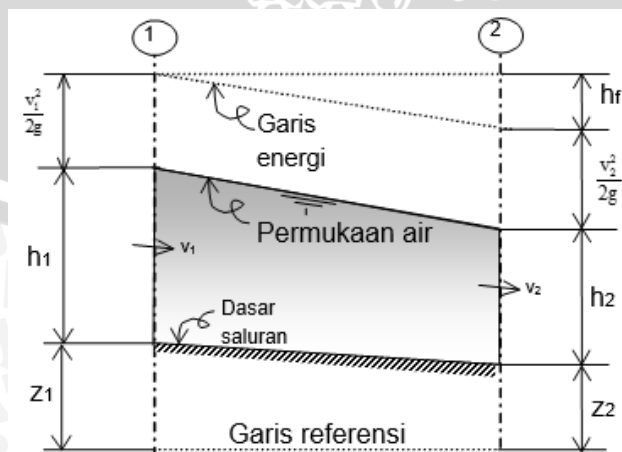
V = kecepatan aliran

α = koefisien kecepatan

h_e = energi head loss

Nilai h_e didapat dengan persamaan :

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1}{2g} \right| \quad \text{..... (2-26)}$$



Gambar 2.6 Penggambaran persamaan energi pada saluran terbuka

Dimana :

L = jarak antara dua penampang

S_f = kemiringan aliran

C = koefisien kehilangan energi (penyempitan, pelebaran atau belokan)

Langkah berikutnya dalam perhitungan HEC-RAS adalah dengan mengasumsikan nilai muka air (*water surface*) pada penampang awal saluran (dalam hal ini penampang di hilir). Kemudian dengan menggunakan persamaan energi diatas maka profil muka air untuk semua penampang di saluran dapat di ketahui.

2.5. Perhitungan Kerugian Akibat Banjir

Perhitungan kerugian banjir adalah kompleks dan sulit. Kerugian yang ada sebenarnya merupakan keuntungan bagi suatu proyek untuk pengendalian banjir. Kerugian akibat banjir dapat dibagi menjadi 4, yaitu :

1. Kerugian fisik yang langsung (*direct physical lost*)
2. Kerugian tidak langsung (*indirect lost*)
3. Kerugian tidak nyata (*intangibile lost*)

2.5.1. Kerugian Fisik yang Langsung (*direct physical lost*)

Kerusakan fisik langsung akibat banjir yang terjadi di kota antara lain adalah kerusakan yang terjadi pada:

1. Pemukiman (pedesaan/kampung dan perkotaan)
2. Tempat pendidikan
3. Tempat ibadah
4. Rumah sakit
5. Tempat wisata
6. Tempat hiburan
7. Rumah makan
8. Perdagangan dan industri
9. Taman
10. Tanaman beririgasi maupun tanaman palawija
11. Ternak dan kolam ikan atau tambak
12. Struktur yang berhubungan dengan air seperti jembatan, gorong-gorong
13. Alat transportasi, misal: mobil, kendaraan roda dua
14. Alat di dalam rumah tangga.

15. Infrastruktur: seperti jalan, rel kereta api, listrik, bandara, terminal, pasar, persampahan dan sanitasi, telekomunikasi, jaringan air bersih, jaringan drainase dan jaringan pengendalian banjir.

Contoh perhitungan yang dapat dipakai, yaitu:

Rumah = (unit harga) x (tinggi genangan) x (jumlah unit)

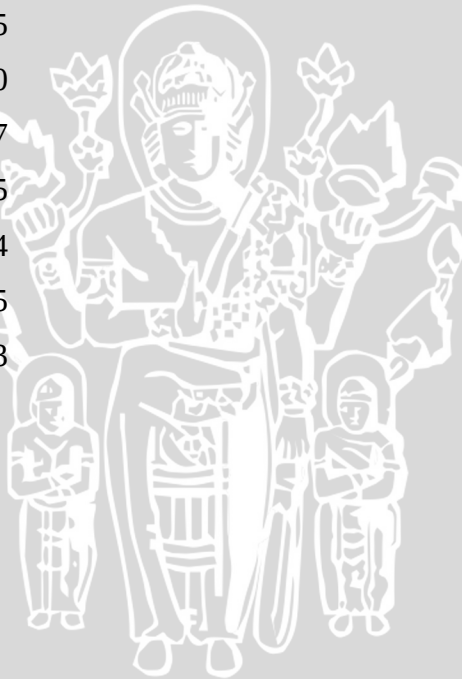
Sawah = (unit harga) x (tinggi) x (jumlah hektar)

2.5.2. Kerugian Tidak Langsung (*indirect cost*)

Kerugian tidak langsung ini merupakan penentuan kerugian yang bersifat kualitatif. Dengan banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk perhitungan secara langsung, maka penentuan kerugian ini dilakukan dengan menggunakan presentasi dari kerugian yang langsung. Faktor pengali yang digunakan berdasarkan penelitian dari James & Lee (1971).

Factor-faktor pengali yang akan digunakan, yaitu:

- | | |
|---------------------|------|
| 1. Pemukiman | 0,15 |
| 2. Pertanian | 0,10 |
| 3. Komersial | 0,37 |
| 4. Industri | 0,45 |
| 5. Bangunan Umum | 0,34 |
| 6. Jalan Raya | 0,25 |
| 7. Jalan Kereta Api | 0,23 |



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Kondisi Daerah

Daerah studi yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu sungai Kali Lamong yang berada di Kabupaten Gresik. Kabupaten Gresik terletak antara 112°-113° Bujur Timur dan 7°-8° Lintang Selatan. Luas Kabupaten Gresik yaitu 1191,25 km². Batas-batas dari Kabupaten Gresik yaitu:

- | | |
|-----------------|--|
| Sebelah utara | : Laut Jawa |
| Sebelah timur | : Selat Madura |
| Sebelah selatan | : Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, dan Kabupaten Mojokerto |
| Sebelah barat | : Kabupaten Lamongan |



Gambar 3.1 Kondisi daerah Kabupaten Gresik



Gambar 3.2 Kawasan Lindung Sempadan Sungai Muara Kali Lamong

Sungai Kali Lamong memiliki panjang sebesar 101 km dan lebar sekitar 50-60 meter. DAS Kali Lamong sendiri memiliki luas sebesar 720 km². Jika di lihat pada area sekitar Kali Lamong, terdapat pemukiman yang berdiri di bantaran sungai Kali Lamong.

3.2. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, diperlukan beberapa hal yang akan menunjang kelancaran dalam penelitian ini. Hal tersebut yaitu data untuk penelitian ini. Data-data ini didapatkan dari instansi yang terkait dan juga dengan cara survey langsung pada lapangan. Data yang diperlukan, yaitu:

1. Peta Topografi

Peta Topografi dari Kabupaten Gresik ini digambar dalam software Autocad yang juga digabungkan dengan peta eksisting dari sungai Kali Lamong

2. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan yaitu data hujan dalam 10 tahun terakhir. Data curah hujan ini bertujuan untuk mendapatkan intensitas hujan maksimum.

3. Data pasang surut air laut

Data ini digunakan karena lokasi dari Kabupaten Gresik yang berada sejajar dengan muka air laut. Data ini digunakan untuk mencari luapan dari sungai Kali Lamong

4. Data Bangunan Struktur dan Infrastruktur

Data ini didapatkan dalam bentuk jumlah dalam tabel yang akan digunakan untuk perhitungan kerugian dari daerah yang mengalami banjir

5. Peta Tata Guna Lahan

Peta tata guna lahan digunakan untuk mengetahui koefisien pengaliran lokasi yang dikaji. Koefisien tersebut akan berpengaruh dalam perhitungan debit air hujan.

6. Data eksisting Debit sungai Kali Lamong

Data ini digunakan untuk dibandingkan dengan debit hujan rancangan yang didapatkan untuk mengetahui apakah daerah tersebut mengalami banjir

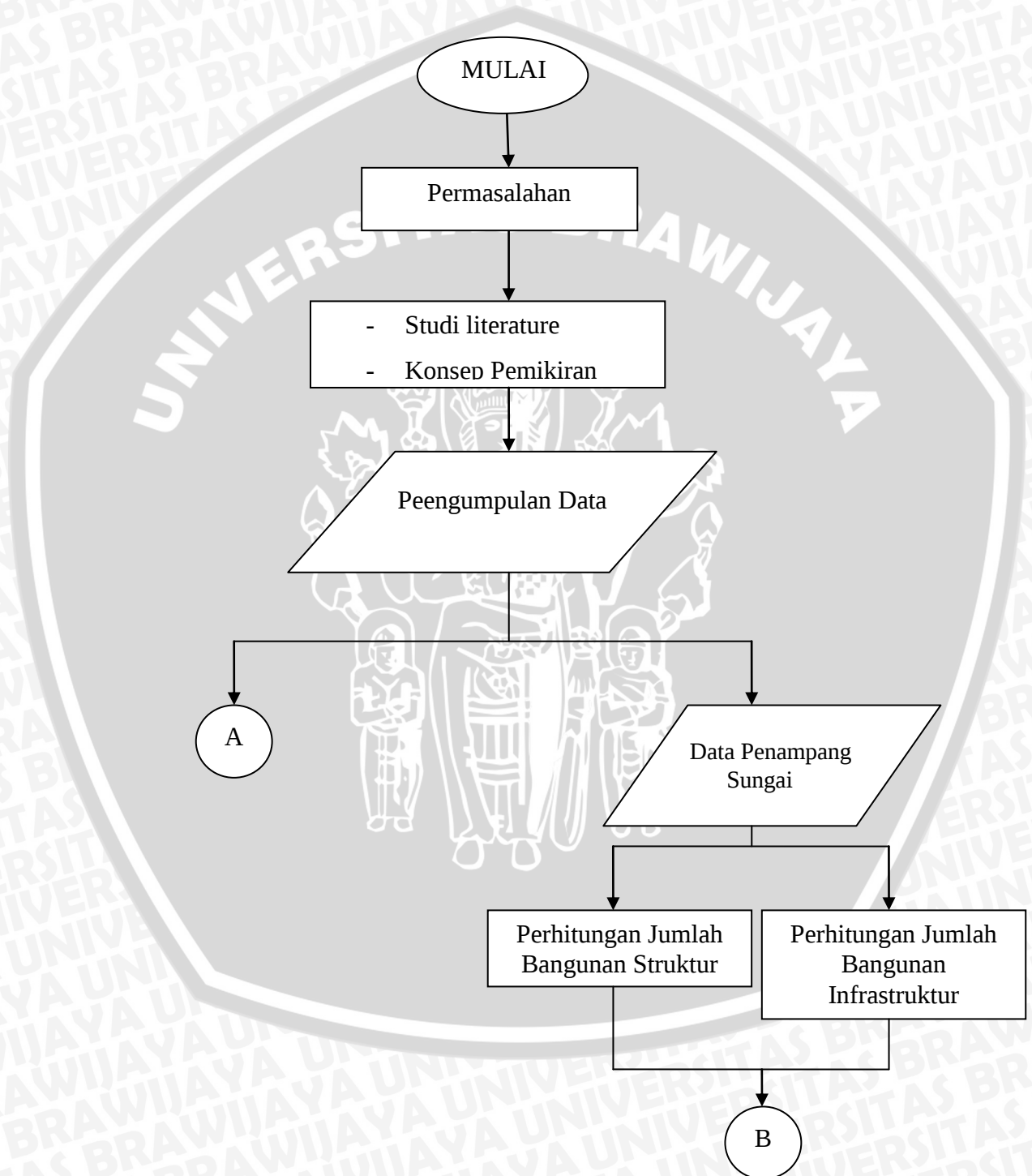
3.3. Cara Melaksanakan Penelitian

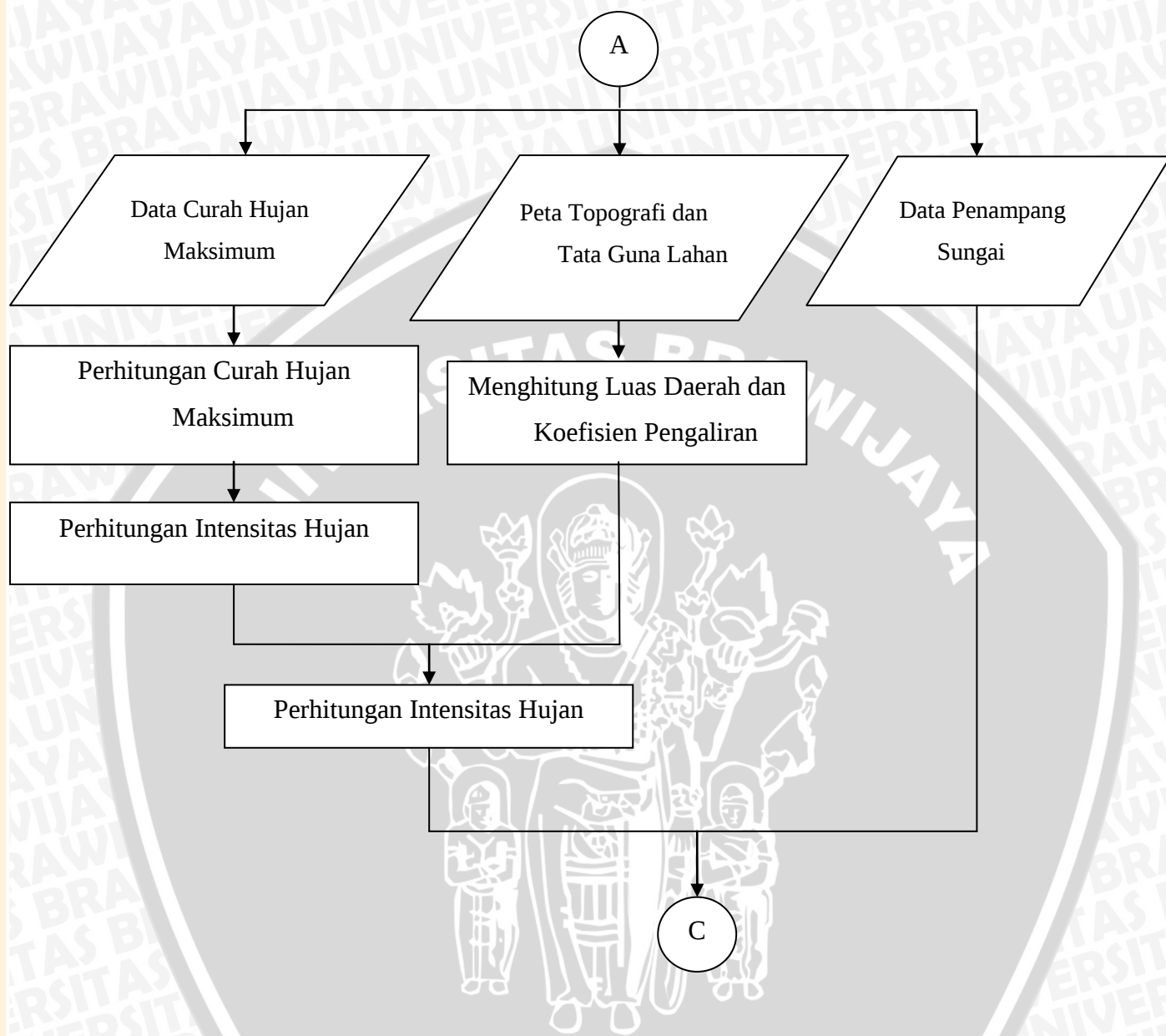
Dalam melakukan penelitian ini, diperlukan sistematika yang jelas untuk kelancaran dari penelitian ini. Sistematika tersebut dibuat dengan pembuatan diagram alir. Sehingga step-step yang akan dilaksanakan menjadi lebih jelas dan terarah. Setelah mendapatkan data-data diatas, maka hal yang akan dilaksanakan selanjutnya yaitu penelitian. Dalam penelitian ini, langkah-langkah yang akan dilakukan, yaitu:

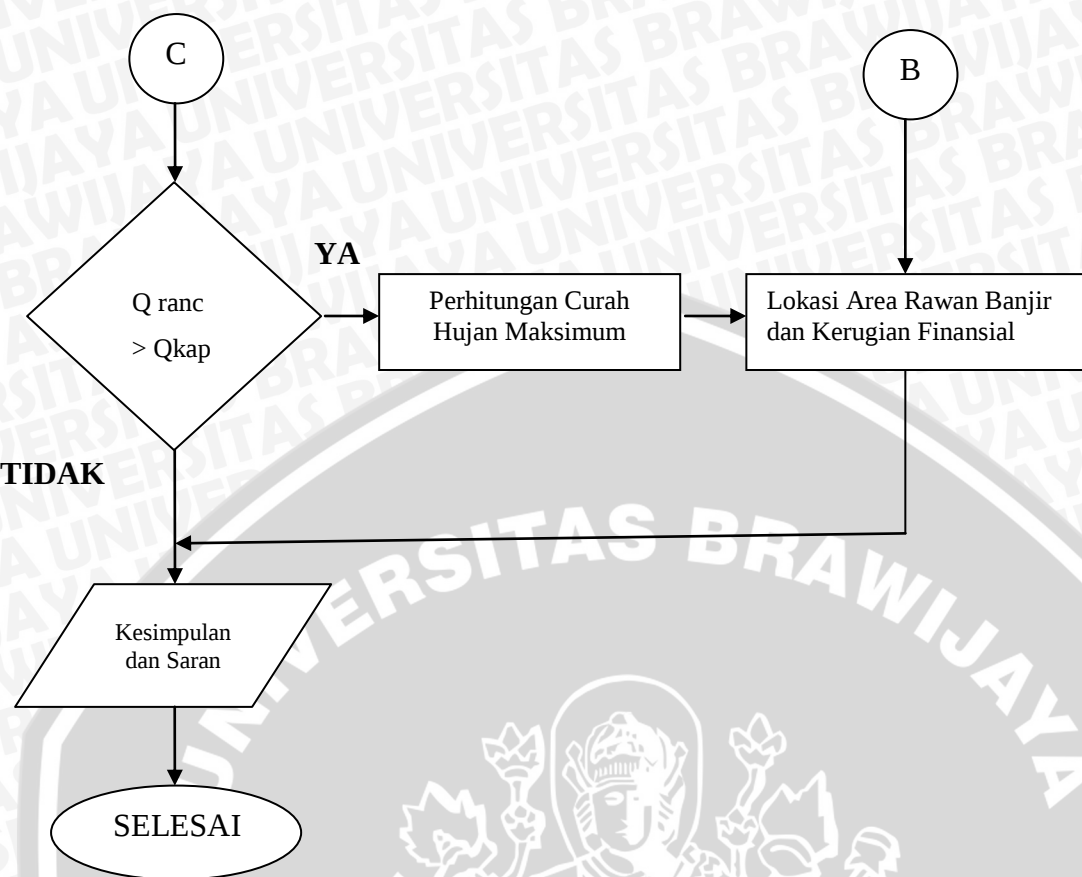
1. Menghitung curah hujan rata-rata maksimum
2. Menghitung Curah Hujan Rancangan
3. Menghitung Luas Daerah Pengaliran
4. Menghitung Intensitas Hujan
5. Menghitung Koefisien Pengaliran
6. Menghitung debit banjir rancangan
7. Membandingkan debit banjir eksisting dengan debit banjir rancangan
8. Perhitungan pasang surut air laut
9. Menghitung luas dan tinggi genangan air berdasarkan dengan debit banjir eksisting yang lebih besar dari debit banjir rancangan
10. Menentukan lokasi dari area-area yang mengalami genangan dan membuat area-area tersebut pada peta kontur
11. Mengklasifikasikan data jumlah bangunan struktur dan infrastruktur berdasarkan wilayah yang merupakan area rawan banjir
12. Mengitung kerugian yang terjadi akibat adanya banjir yang disesuaikan dengan tinggi genangan pada masing-masing area yang merupakan area rawan banjir
13. Menjumlahkan jumlah kerugian pada setiap tempat yang merupakan area rawan banjir
14. Mendapatkan area-area yang tergenang oleh banjir beserta kerugian yang dialami dan mendapatkan kerugian total dari kabupaten Gresik akibat banjir.
15. Kesimpulan dan saran

3.4. Diagram Alir

Setelah langkah-penelitian ditentukan, maka selanjutnya yaitu penggunaan Diagram Alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.3. Diagram Alir ini digunakan untuk mempermudah pembaca untuk lebih mengerti dan memahami metode-metode yang digunakan pada penelitian secara singkat dan sistematis.







Gambar 3.3 Diagram Alir

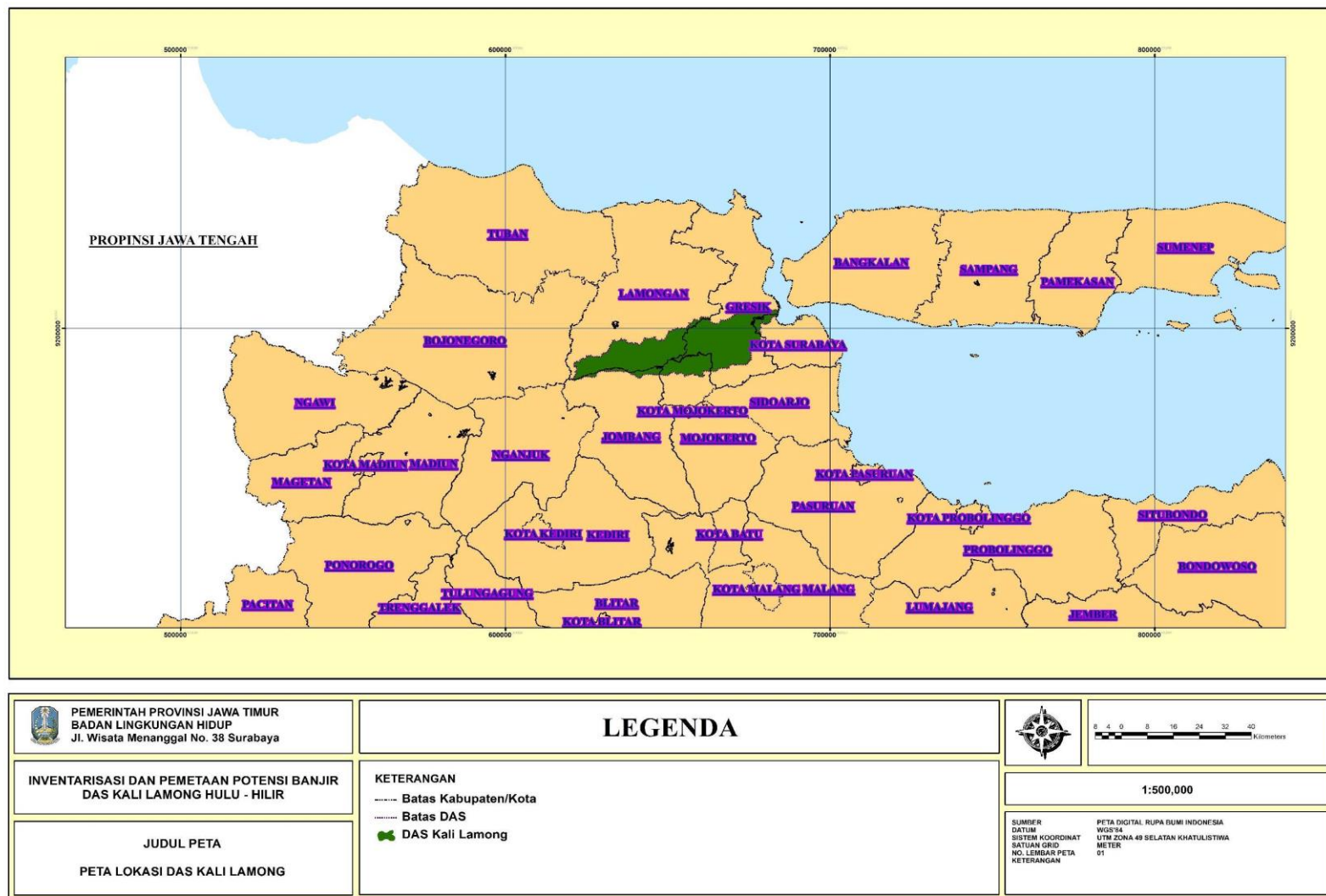
BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Data Curah Hujan

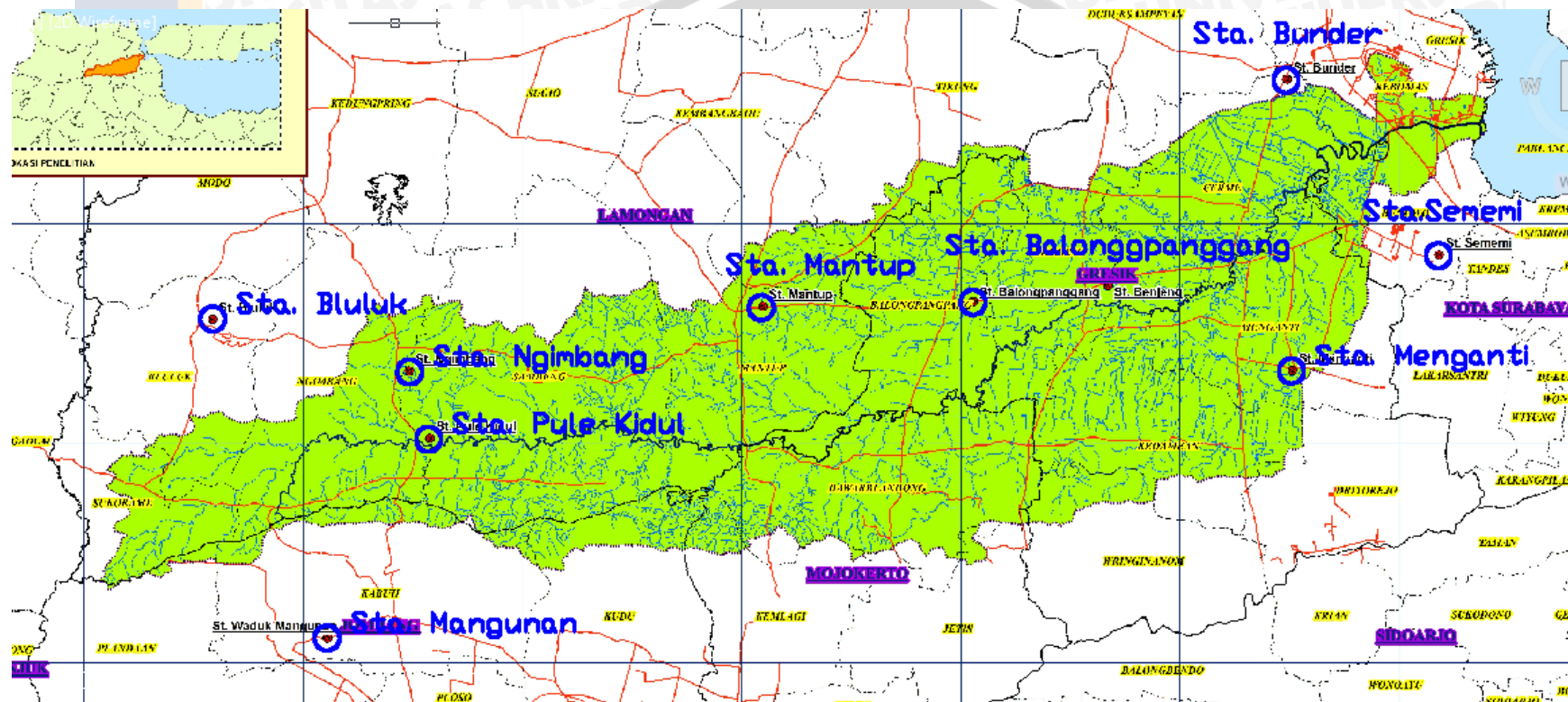
Untuk menganalisa debit curah hujan lokasi studi data hujan yang dipakai berasal dari stasiun pengamat terdekat disekitar lokasi. Stasiun pengamat terdekat yang digunakan untuk perhitungan data curah hujan, yaitu :

1. Sta. Benjeng
2. Sta. Mantup
3. Sta. Pule Kidul
4. Sta. Bluluk
5. Sta. Terusan
6. Sta. Mangunan

Stasiun hujan tersebut berada di sekitar DAS Kali Lamong. Lokasi dari DAS Kali Lamong dapat dilihat pada Gambar 4.1, sedangkan lokasi dari setiap stasiun pengamat dapat dilihat pada Gambar 4.2. 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. Data curah hujan harian dari enam stasiun pengamat tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.6. Dari data di atas dipilih nilai curah hujan maksimum tiap tahunnya. Data nilai curah hujan maksimum dari masing-masing stasiun per tahun dapat dilihat pada Tabel 4.7.



Gambar 4.1 Lokasi DAS Kali Lamong



Gambar 4.2 Lokasi Stasiun Hujan

Tabel 4.1 Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan Sta. Benjeng

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	43	63	48	29	25	21	0	0	0	37	116	60
2004	49	52	62	24	60	0	0	0	0	0	90	57
2005	31	63	54	66	37	48	0	0	0	56	67	51
2006	94	76	34	59	115	48	0	0	0	0	35	82
2007	51	54	79	34	12	14	0	0	0	7	21	54
2008	25	19	40	15	10	49	0	3	0	27	40	76
2009	43	59	41	84	33	14	0	0	0	0	31	49
2010	63	73	61	26	37	43	35	16	18	16	90	64
2011	81	55	89	40	40	0	0	0	0	34	61	31
2012	53	29	30	27	29	10	0	0	0	50	60	54
2013	40	98	88	66	38	43	27	0	0	0	50	90
2014	49	52	47	50	26	31	15	0	0	0	34	127

Tabel 4.2 Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan Sta. Mantup

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	48	100	0	0	32	0	0	0	0	45	85	60
2004	113	47	95	20	41	35	0	0	0	6	58	83
2005	31	45	0	0	0	175	0	0	0	45	50	34
2006	119	131	156	75	53	0	0	0	0	0	12	63
2007	43	55	70	40	20	50	0	20	0	10	52	98
2008	112	26	139	12	35	30	0	0	0	52	56	92
2009	60	53	110	35	75	23	0	0	11	11	55	30
2010	55	58	105	35	40	40	16	41	50	90	40	14
2011	0	85	100	30	41	1	0	0	0	0	85	52
2012	42	24	21	63	61	17	0	0	0	22	18	42
2013	49	43	42	42	16	13	8	0	0	3	55	41
2014	44	35	28	28	4	0	0	0	0	0	79	60

Tabel 4.3 Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan Sta. Pule Kidul

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	75	85	45	64	140	12	0	0	30	50	55	50
2004	80	97	114	116	31	42	0	0	0	12	69	56
2005	40	69	66	50	46	94	31	8	4	40	71	57
2006	96	94	66	66	50	0	0	0	0	0	0	106
2007	20	100	66	54	15	30	0	15	0	40	85	48
2008	40	42	110	43	16	15	0	15	0	18	38	68
2009	40	85	50	58	110	20	0	0	20	12	97	54
2010	54	54	130	72	164	36	20	42	84	50	97	95
2011	65	90	149	65	57	10	0	0	0	25	44	86
2012	51	67	80	54	45	0	0	0	0	30	30	105
2013	75	85	45	64	130	12	0	0	30	50	55	50
2014	80	97	114	125	31	42	0	0	0	12	69	56

Tabel 4.4 Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan Sta. Bluluk

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	94	133	42	84	85	0	0	0	20	79	67	38
2004	63	36	64	30	49	0	2	0	0	0	49	57
2005	28	97	36	44	0	0	0	0	3	7	0	0
2006	0	77	42	36	48	14	0	0	0	0	31	46
2007	16	43	45	39	16	11	0	12	0	0	34	52
2008	48	46	39	41	13	47	0	22	7	116	43	64
2009	49	48	48	18	39	27	19	0	0	0	46	61
2010	44	54	47	52	99	87	27	96	46	105	77	62
2011	64	67	83	41	48	47	16	0	67	0	73	92
2012	44	92	38	92	42	39	0	0	0	46	60	47
2013	59	86	87	56	46	48	0	0	0	54	56	96
2014	48	66	137	53	0	0	0	0	0	48	32	127

Tabel 4.5 Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan Sta. Terusan

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	64	95	42	0	98	0	0	0	0	0	88	39
2004	68	64	114	130	35	0	0	0	0	0	35	47
2005	88	49	53	55	0	0	0	0	0	0	84	84
2006	43	70	81	76	42	25	0	0	0	0	0	51
2007	53	47	52	89	15	20	0	0	0	0	50	87
2008	42	60	108	47	0	0	0	0	0	0	30	80
2009	67	86	136	64	73	23	0	0	0	0	83	117
2010	81	99	39	58	30	16	70	44	25	27	50	30
2011	80	40	60	101	98	64	0	0	0	0	50	65
2012	67	37	20	30	27	0	0	0	0	0	60	90
2013	75	27	40	57	20	30	21	0	0	0	30	57
2014	90	35	48	21	4	10	0	0	0	0	0	30

Tabel 4.6 Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan Sta. Mangunan

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	85
2004	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2005	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2006	49	71	62	75	37	37	0	27	78	76	63	79
2007	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2008	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2009	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2010	60	105	160	60	60	41	23	8	0	0	125	68
2011	65	64	57	125	60	0	0	0	0	0	93	77
2012	65	64	57	125	60	0	0	0	0	0	93	77
2013	102	15	91	94	35	48	50	0	0	0	49	51
2014	103	51	53	73	13	9	0	0	0	0	45	73

Tabel 4.7 Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

No	Tahun	Tinggi Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm)					
		Benjeng	Mantup	Pule Kidul	Bluluk	Terusan	Mangunan
1	2003	116	100	140	133	98	85
2	2004	90	113	116	64	130	103
3	2005	67	175	94	97	88	103
4	2006	115	156	106	77	81	79
5	2007	79	98	100	52	89	103
6	2008	76	139	110	116	108	103
7	2009	84	110	110	61	136	103
8	2010	90	105	164	105	99	160
9	2011	89	100	149	92	101	125
10	2012	60	63	105	92	90	125
11	2013	98	55	130	96	75	102
12	2014	127	79	125	137	90	103

4.2 Uji Konsistensi Data

Setelah mengetahui nilai curah hujan maksimum pada masing-masing stasiun pengamat per tahunnya, dilakukan uji konsistensi pada masing-masing stasiun pengamat. Uji konsistensi dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah diperoleh benar-benar menunjukkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan. Nilai dan grafik uji konsistensi tiap stasiun pengamat dapat dilihat pada Tabel 4.8 hingga 4.13.

Tabel 4.8 Uji Konsistensi Sta. Benjeng

Tahun	Stasiun Uji	Stasiun Pembanding					Kumulatif	Rata2	Kumulatif
	Benjeng	Mantup	Pule Kidul	Bluluk	Terusan	Mangunan	Benjeng	Stasiun	Stasiun
								Pembanding	Pembanding
2003	116	100	140	133	98	85	116	111.2	111.2
2004	90	113	116	64	130	103	206	105.2	216.4
2005	67	175	94	97	88	103	273	111.4	327.8
2006	115	156	106	77	81	79	388	99.8	427.6
2007	79	98	100	52	89	103	467	88.4	516
2008	76	139	110	116	108	103	543	115.2	631.2
2009	84	110	110	61	136	103	627	104	735.2
2010	90	105	164	105	99	160	717	126.6	861.8
2011	89	100	149	92	101	125	806	113.4	975.2
2012	60	63	105	92	90	125	866	95	1070.2
2013	98	55	130	96	75	102	964	91.6	1161.8
2014	127	79	125	137	90	103	1091	106.8	1268.6

Tabel 4.9 Uji Konsistensi Sta. Mantup

Tahun	Stasiun Uji	Stasiun Pembanding					Kumulatif	Rata2	Kumulatif
	Mantup	Benjeng	Pule Kidul	Bluluk	Terusan	Mangunan	Mantup	Stasiun Pembanding	Stasiun Pembanding
2003	100	116	140	133	98	85	100	114.4	114.4
2004	113	90	116	64	130	103	213	100.6	215
2005	175	67	94	97	88	103	388	89.8	304.8
2006	156	115	106	77	81	79	544	91.6	396.4
2007	98	79	100	52	89	103	642	84.6	481
2008	139	76	110	116	108	103	781	102.6	583.6
2009	110	84	110	61	136	103	891	98.8	682.4
2010	105	90	164	105	99	160	996	123.6	806
2011	100	89	149	92	101	125	1096	111.2	917.2
2012	63	60	105	92	90	125	1159	94.4	1011.6
2013	55	98	130	96	75	102	1214	100.2	1111.8
2014	79	127	125	137	90	103	1293	116.4	1228.2

Tabel 4.10 Uji Konsistensi Sta. Pule Kidul

Tahun	Stasiun Uji	Stasiun Pembanding					Kumulatif	Rata2	Kumulatif
	Pule Kidul	Benjeng	Mantup	Bluluk	Terusan	Mangunan	Pule Kidul	Stasiun Pembanding	Stasiun Pembanding
2003	140	116	100	133	98	85	140	106.4	106.4
2004	116	90	113	64	130	103	256	100	206.4
2005	94	67	175	97	88	103	350	106	312.4
2006	106	115	156	77	81	79	456	101.6	414
2007	100	79	98	52	89	103	556	84.2	498.2
2008	110	76	139	116	108	103	666	108.4	606.6
2009	110	84	110	61	136	103	776	98.8	705.4
2010	164	90	105	105	99	160	940	111.8	817.2
2011	149	89	100	92	101	125	1089	101.4	918.6
2012	105	60	63	92	90	125	1194	86	1004.6
2013	130	98	55	96	75	102	1324	85.2	1089.8
2014	125	127	79	137	90	103	1449	107.2	1197

Tabel 4.11 Uji Konsistensi Sta. Bluluk

Tahun	Stasiun Uji	Stasiun Pembanding					Kumulatif	Rata2	Kumulatif
	Bluluk	Benjeng	Mantup	Pule Kidul	Terusan	Mangunan	Bluluk	Stasiun Pembanding	Stasiun Pembanding
2003	133	116	100	140	98	85	133	107.8	107.8
2004	64	90	113	116	130	103	197	110.4	218.2
2005	97	67	175	94	88	103	294	105.4	323.6
2006	77	115	156	106	81	79	371	107.4	431
2007	52	79	98	100	89	103	423	93.8	524.8
2008	116	76	139	110	108	103	539	107.2	632
2009	61	84	110	110	136	103	600	108.6	740.6
2010	105	90	105	164	99	160	705	123.6	864.2
2011	92	89	100	149	101	125	797	112.8	977
2012	92	60	63	105	90	125	889	88.6	1065.6
2013	96	98	55	130	75	102	985	92	1157.6
2014	137	127	79	125	90	103	1122	104.8	1262.4

Tabel 4.12 Uji Konsistensi Sta. Terusan

Tahun	Stasiun Uji	Stasiun Pembanding					Kumulatif	Rata2	Kumulatif
	Terusan	Benjeng	Mantup	Pule Kidul	Bluluk	Mangunan	Terusan	Stasiun Pembanding	Stasiun Pembanding
2003	98	116	100	140	133	85	98	114.8	114.8
2004	130	90	113	116	64	103	228	97.2	212
2005	88	67	175	94	97	103	316	107.2	319.2
2006	81	115	156	106	77	79	397	106.6	425.8
2007	89	79	98	100	52	103	486	86.4	512.2
2008	108	76	139	110	116	103	594	108.8	621
2009	136	84	110	110	61	103	730	93.6	714.6
2010	99	90	105	164	105	160	829	124.8	839.4
2011	101	89	100	149	92	125	930	111	950.4
2012	90	60	63	105	92	125	1020	89	1039.4
2013	75	98	55	130	96	102	1095	96.2	1135.6
2014	90	127	79	125	137	103	1185	114.2	1249.8

Dari grafik yang telah ditunjukkan, terlihat ada kemiringan yang terjadi antara grafik aktual dengan garis linear. Karena ada perbedaan tersebut, maka perlu dilakukan koreksi dengan menggunakan metode lengkung massa ganda. Langkah-langkah untuk mengoreksi data curah hujan menggunakan metode lengkung massa ganda:

1. Menghitung nilai $\tan \alpha$:

$$\tan \alpha = \frac{\text{nilai komulatif sta. uji tahun } (n) - \text{nilai komulatif sta. uji tahun } (n-1)}{\text{nilai komulatif sta. pembanding tahun } (n) - \text{nilai komulatif sta. pembanding tahun } (n-1)}$$

2. Menghitung nilai $\tan \beta$:

$$\tan \beta = \frac{\text{nilai komulatif sta. uji tahun } (n-1) - \text{nilai komulatif sta. uji tahun } (n=1)}{\text{nilai komulatif sta. pembanding tahun } (n-1) - \text{nilai komulatif sta. pembanding tahun } (n=1)}$$

3. Menghitung nilai C:

$$C = \frac{\tan \beta}{\tan \alpha}$$

Tabel 4.13 Uji Konsistensi Sta. Mangunan

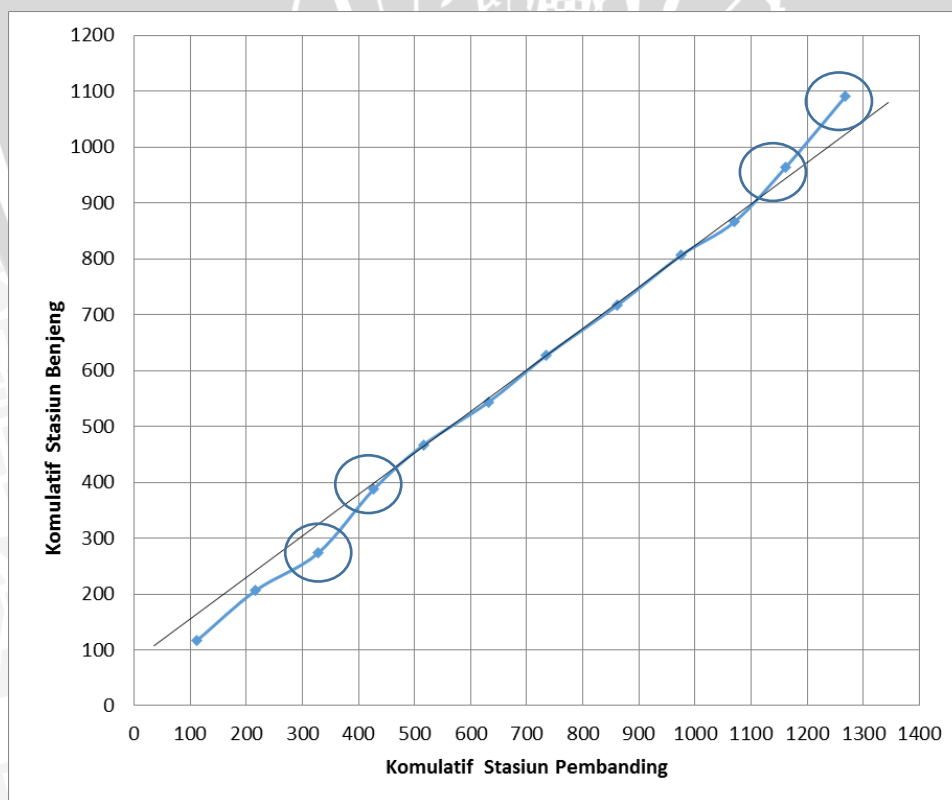
Tahun	Stasiun Uji	Stasiun Pembanding					Kumulatif	Rata2	Kumulatif
	Mangunan	Benjeng	Mantup	Pule Kidul	Bluluk	Terusan	Mangunan	Stasiun Pembanding	Stasiun Pembanding
2003	85	116	100	140	133	98	85	117.4	117.4
2004	103	90	113	116	64	130	188	102.6	220
2005	103	67	175	94	97	88	291	104.2	324.2
2006	79	115	156	106	77	81	370	107	431.2
2007	103	79	98	100	52	89	473	83.6	514.8
2008	103	76	139	110	116	108	576	109.8	624.6
2009	103	84	110	110	61	136	679	100.2	724.8
2010	160	90	105	164	105	99	839	112.6	837.4
2011	125	89	100	149	92	101	964	106.2	943.6
2012	125	60	63	105	92	90	1089	82	1025.6
2013	102	98	55	130	96	75	1191	90.8	1116.4
2014	103	127	79	125	137	90	1294	111.6	1228

Tabel 4.14 Nilai koreksi curah hujan Sta. Benjeng

Kumulatif	Rata2	Kumulatif	Tan(A0)	Tan(A)	C	Stasiun	Kumulatif
Benjeng	Stasiun	Stasiun				Benjeng	Benjeng
	Pembanding	Pembanding					
116	111.200	111.200			1	116	116
206	105.200	216.400			1	90	206
273	111.400	327.800	0.601436266	0.855513308	1.422450485	95.30418251	301.3041825
388	99.800	427.600	1.152304609	0.724838412	0.629033683	72.3388735	373.643056
467	88.400	516.000			1	79	452.643056
543	115.200	631.200			1	76	528.643056
627	104.000	735.200			1	84	612.643056
717	126.600	861.800			1	90	702.643056
806	113.400	975.200			1	89	791.643056
866	95.000	1070.200			1.000	60	851.643056
964	91.600	1161.800	1.070	0.632	0.590332975	57.85263158	909.4956876
1091	106.800	1268.600	1.189	1.070	0.899700856	114.2620087	1023.757696

- Menghitung nilai curah hujan yang terkoreksi
 $\text{nilai terkoreksi} = C \times \text{nilai curah hujan awal}$
- Menghitung nilai curah hujan kumulatif dari nilai curah hujan yang sudah terkoreksi

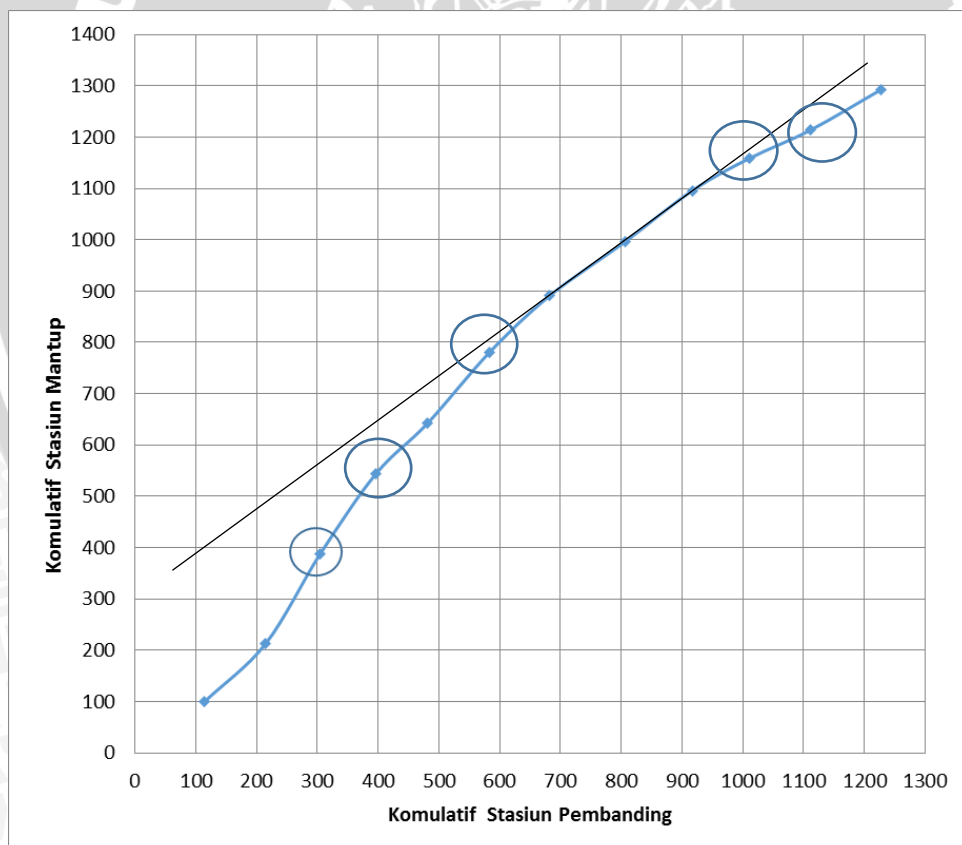
Nilai curah hujan yang telah dikoreksi menggunakan metode lengkung massa ganda dapat dilihat pada Tabel 4.14 hingga 4.19.



Gambar 4.3 Grafik hasil koreksi Sta. Benjeng

Tabel 4.15 Nilai koreksi curah hujan Sta. Mantup

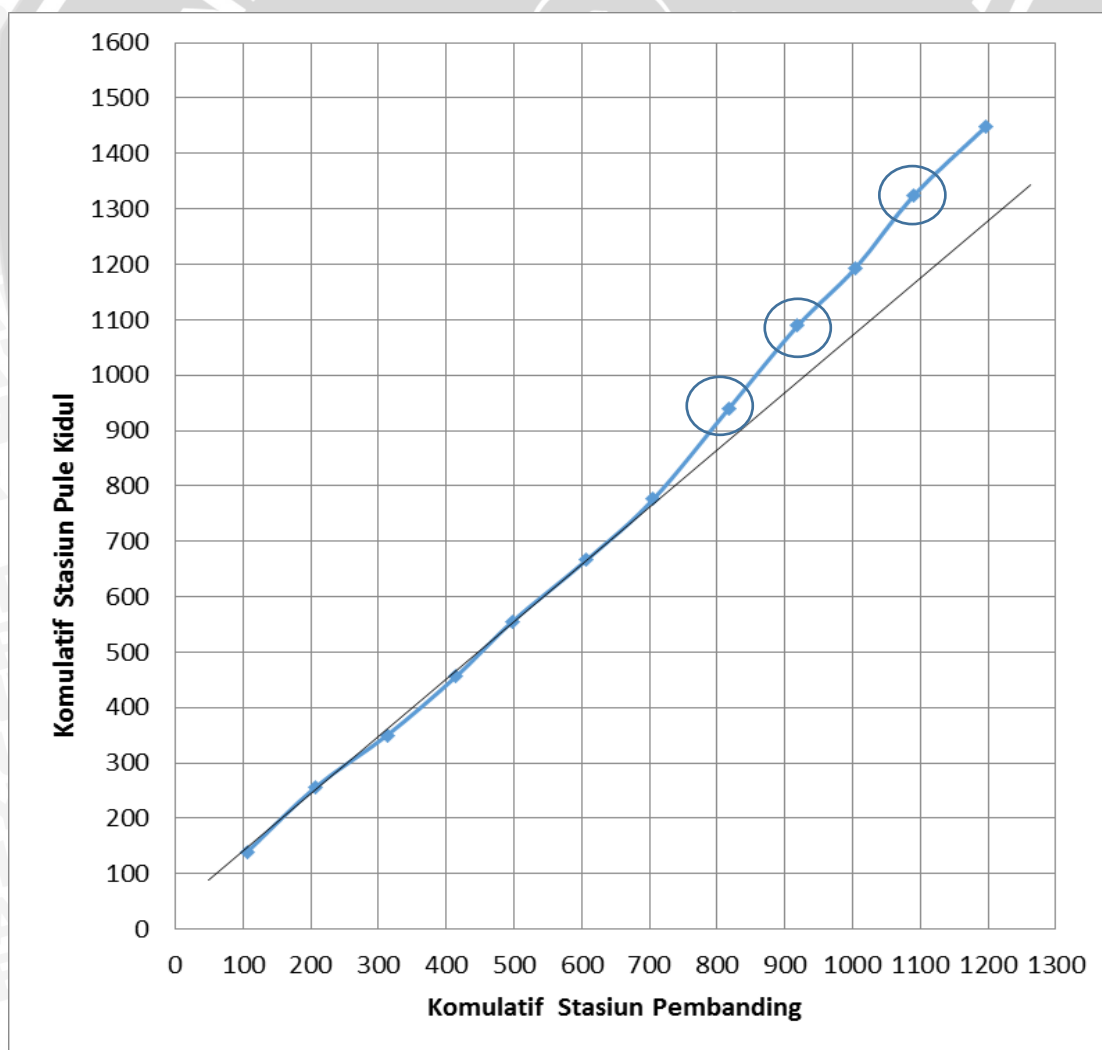
Kumulatif	Rata2	Kumulatif	Tan(A0)	Tan(A)	C	Stasiun	Kumulatif
Mantup	Stasiun	Stasiun				Mantup	Mantup
	Pembanding	Pembanding				Terkoreksi	Terkoreksi
100	114.400	114.400			1.000	100	100
213	100.600	215.000			1.000	113	213
388	89.800	304.800	1.949	1.123	0.576	100.869	313.869
544	91.600	396.400	1.703	1.949	1.144	178.5077951	492.377
642	84.600	481.000			1.000	98	590.377
781	102.600	583.600	1.355	1.158	0.855	118.8510638	709.228
891	98.800	682.400			1	110	819.228
996	123.600	806.000			1	105	924.228
1096	111.200	917.200			1.000	100.000	1024.228
1159	94.400	1011.600	0.667	0.899	1.347	84.89208633	1109.120
1214	100.200	1111.800	0.549	0.667	1.216	66.871	1175.990
1293	116.400	1228.200			1.000	79.000	1254.990



Gambar 4.4 Grafik hasil koreksi Sta. Mantup

Tabel 4.16 Nilai koreksi curah hujan Sta. Pule Kidul

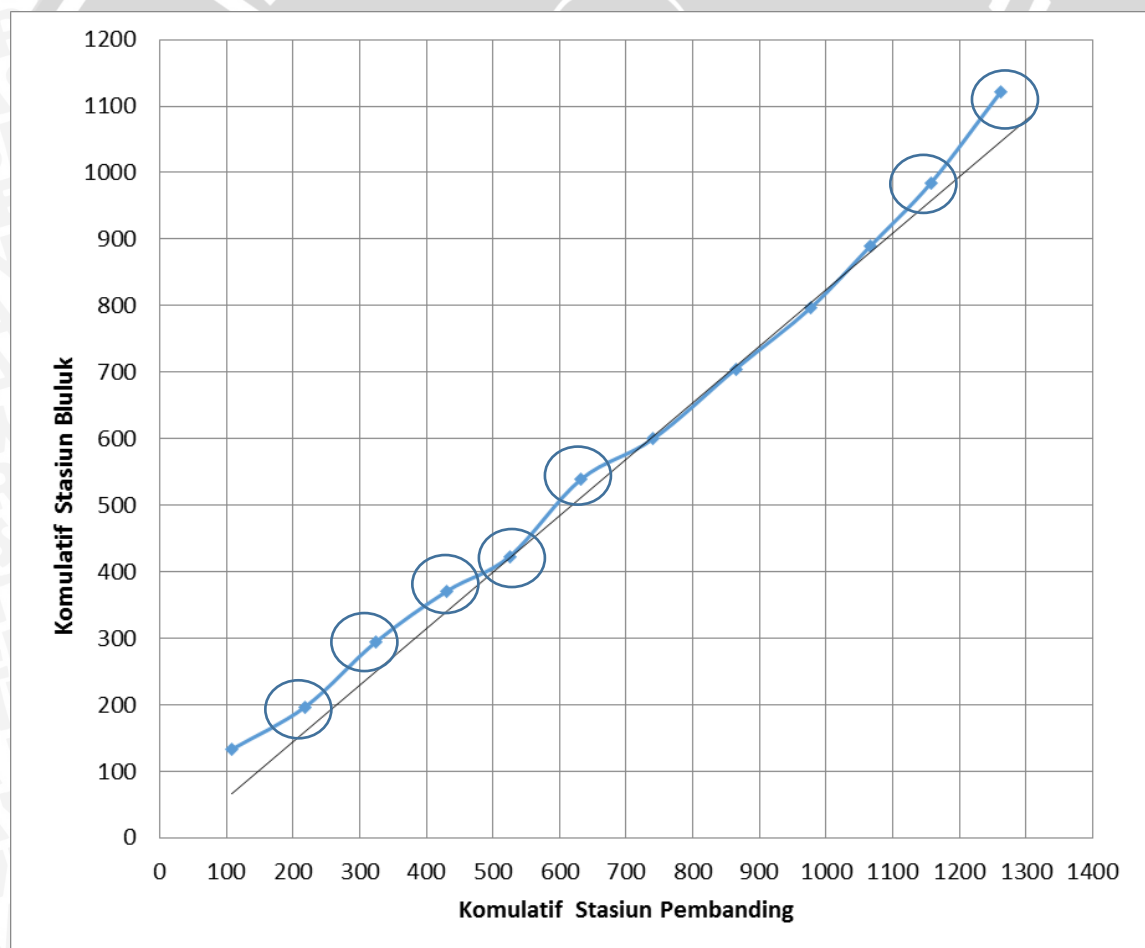
Kumulatif	Rata2	Kumulatif	Tan(A0)	Tan(A)	C	Stasiun	Kumulatif
Pule Kidul	Stasiun	Stasiun				Pule Kidul	Pule Kidul
	Pembanding	Pembanding				Terkoreksi	Terkoreksi
140	106.400	106.400			1	140	140
256	100.000	206.400			1	116	256
350	106.000	312.400			1	94	350
456	101.600	414.000			1	106	456
556	84.200	498.200			1	100	556
666	108.400	606.600			1	110	666
776	98.800	705.400			1	110	776
940	111.800	817.200	1.466905188	1.113360324	0.758985879	124.4736842	900.4736842
1089	101.400	918.600	1.469428008	1.466905188	0.998283128	148.744186	1049.21787
1194	86.000	1004.600			1	105	1154.21787
1324	85.200	1089.800	1.525821596	1.220930233	0.800178891	104.0232558	1258.241126
1449	107.200	1197.000			1	125	1383.241126



Gambar 4.5 Grafik hasil koreksi Sta. Pule Kidul

Tabel 4.17 Nilai koreksi curah hujan Sta. Bluluk

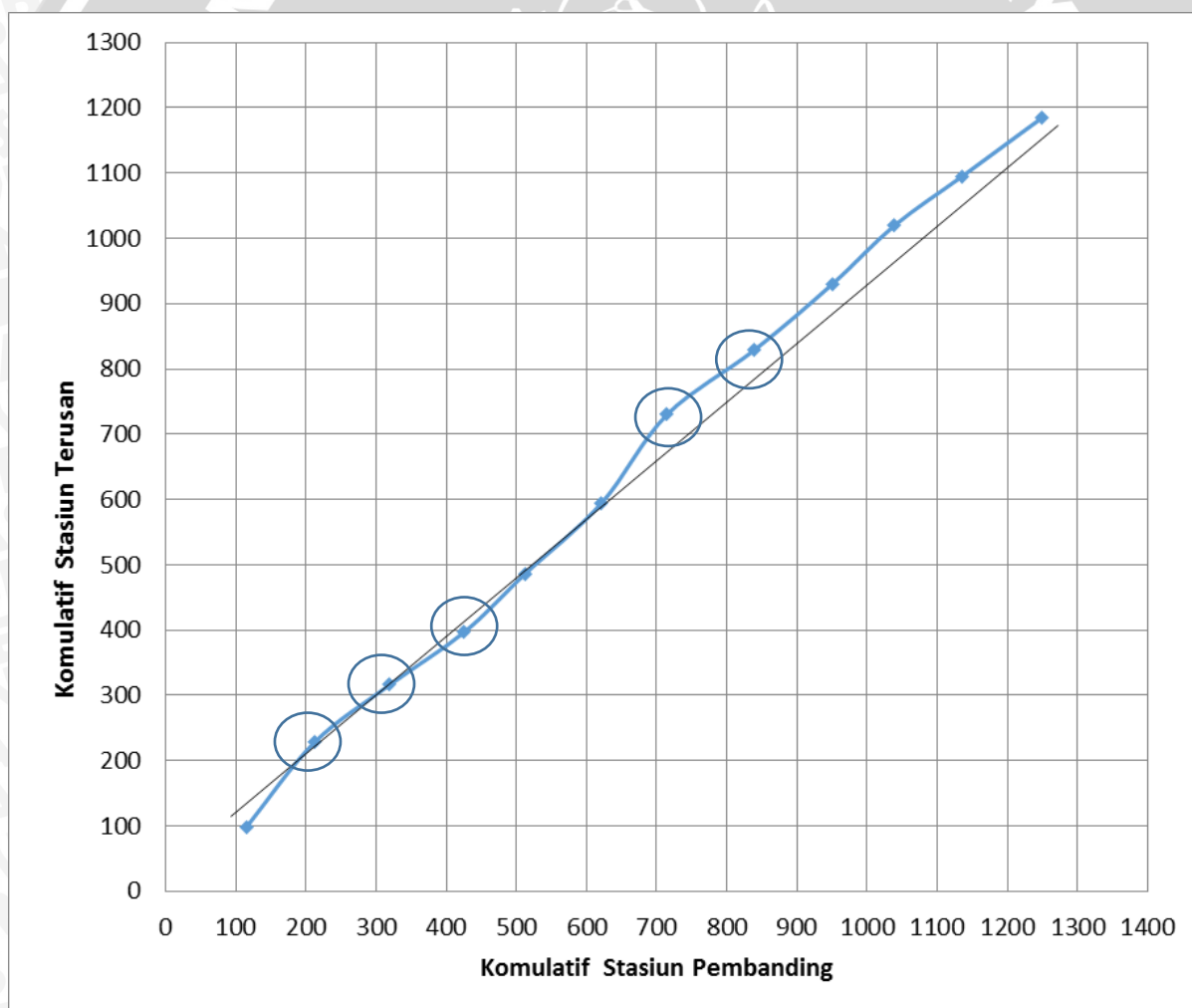
Kumulatif	Rata2	Kumulatif	Tan(A0)	Tan(A)	C	Stasiun	Kumulatif
Bluluk	Stasiun	Stasiun				Bluluk	Bluluk
	Pembanding	Pembanding				Terkoreksi	Terkoreksi
133	107.800	107.800			1	1	1
197	110.400	218.200	0.580	1.234	2.128	136.2077922	137.2077922
294	105.400	323.600	0.920	0.580	0.630	61.10144928	198.3092415
371	107.400	431.000	0.717	0.920	1.284	98.84060721	297.1498487
423	93.800	524.800	0.554	0.717	1.000	52.000	349.150
539	107.200	632.000	1.082	0.554	0.512	59.42857143	408.578
600	108.600	740.600			1.000	61	469.578
705	123.600	864.200			1	105	574.578
797	112.800	977.000			1	92	666.578
889	88.600	1065.600			1.000	92	758.578
985	92.000	1157.600	1.043	1.038	0.995	95.53047404	854.109
1122	104.800	1262.400	1.307	1.043	0.798	109.357	963.465



Gambar 4.6 Grafik hasil koreksi Sta. Bluluk

Tabel 4.18 Nilai koreksi curah hujan Sta. Terusan

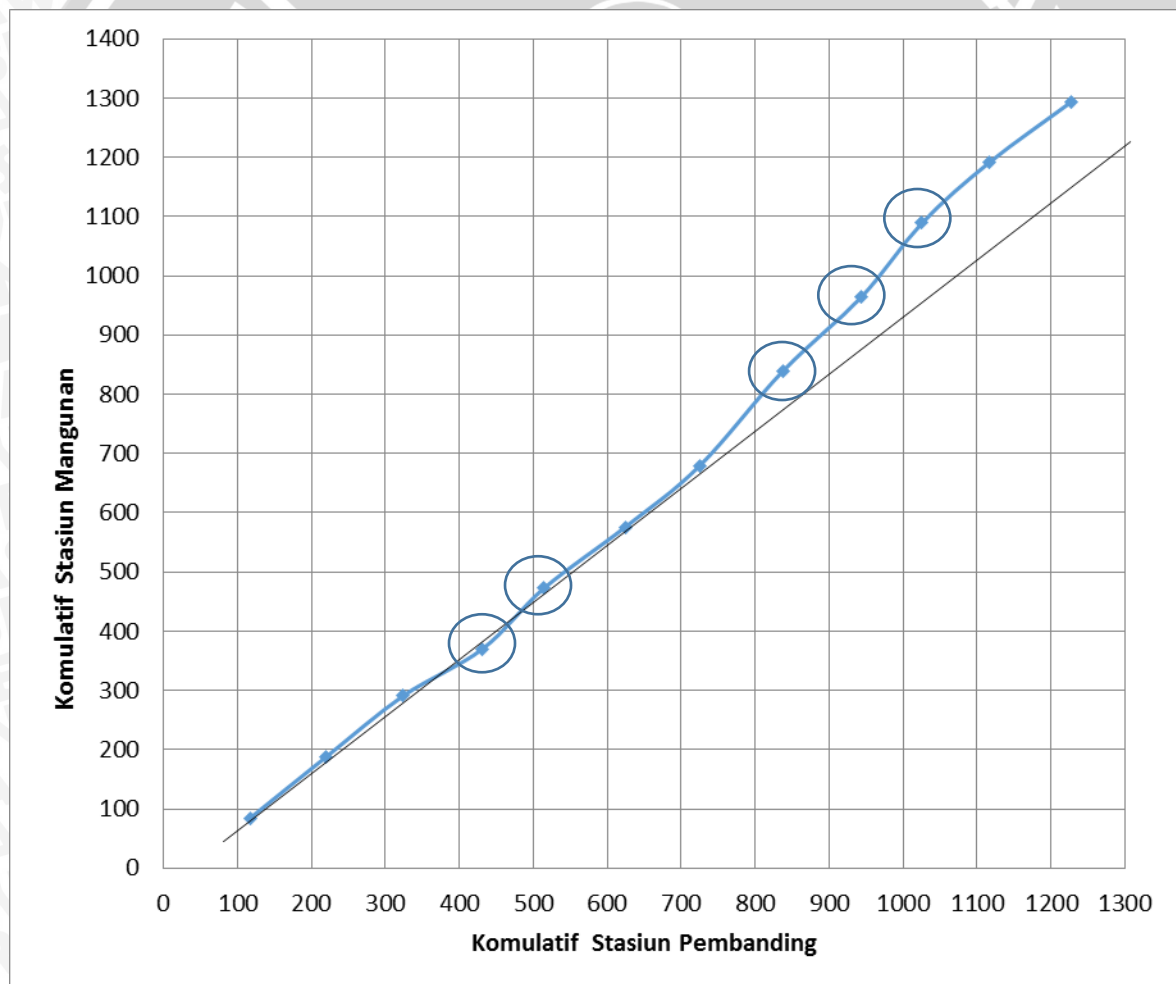
Kumulatif	Rata2	Kumulatif	Tan(A0)	Tan(A)	C	Stasiun	Kumulatif
Terusan	Stasiun	Stasiun				Terusan	Terusan
	Pembanding	Pembanding				Terkoreksi	Terkoreksi
98	114.800	114.800			1	98	98
228	97.200	212.000	1.337	0.854	0.638	82.97560976	180.9756098
316	107.200	319.200	0.821	1.337	1.629	143.3744856	324.3500954
397	106.600	425.800	0.760	0.821	1.080	87.50746269	411.857558
486	86.400	512.200			1.000	89	500.857558
594	108.800	621.000			1.000	108	608.857558
730	93.600	714.600	1.453	0.993	0.683	92.912	701.769
829	124.800	839.400	0.793	1.453	1.832	181.333	883.103
930	111.000	950.400			1	101	984.103
1020	89.000	1039.400			1	90	1074.103
1095	96.200	1135.600			1.000	75.000	1149.103
1185	114.200	1249.800			1.000	90	1239.103



Gambar 4.7 Grafik hasil koreksi Sta. Terusan

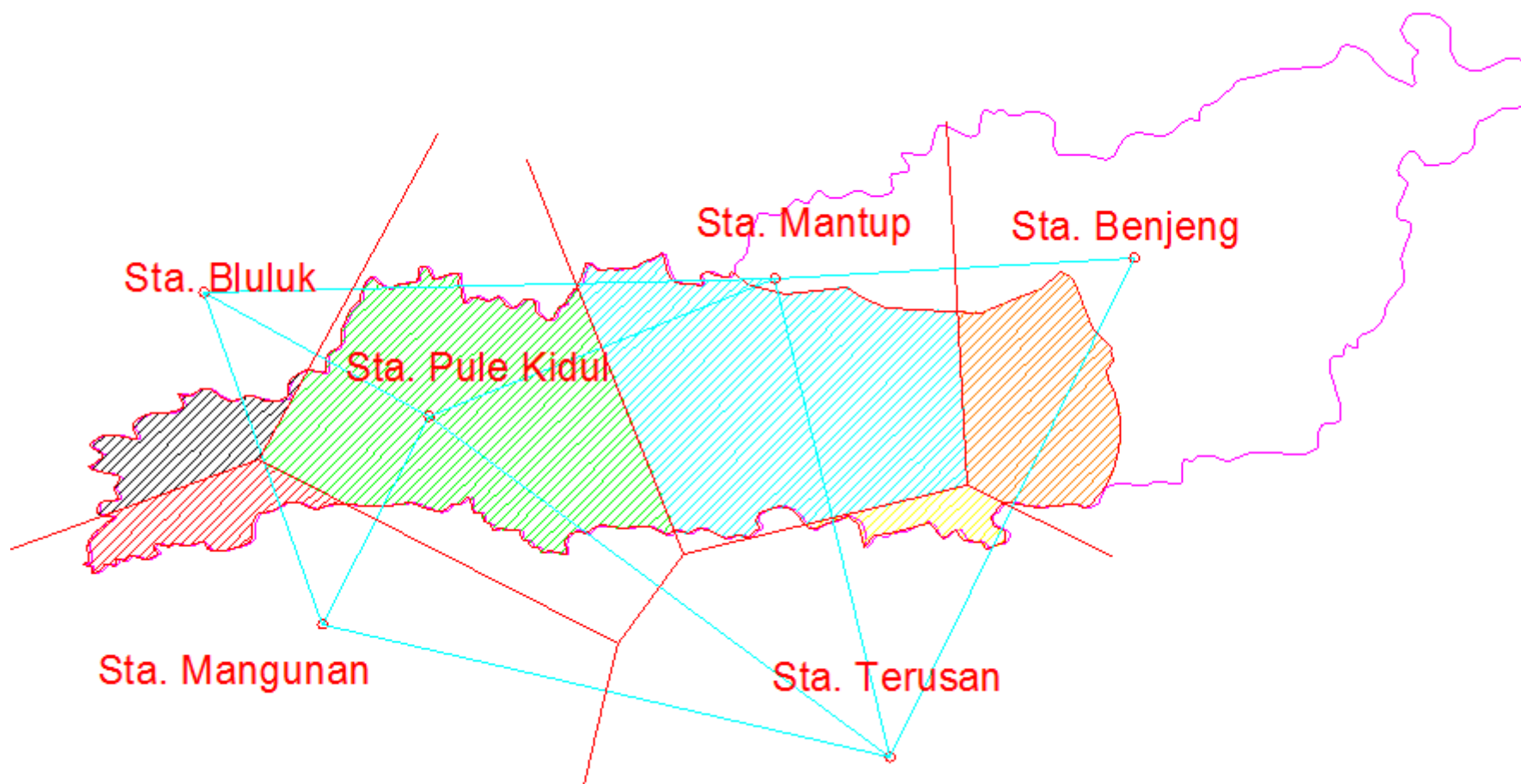
Tabel 4.19 Nilai koreksi curah hujan Sta. Mangunan

Kumulatif	Rata2	Kumulatif	Tan(A0)	Tan(A)	C	Stasiun	Kumulatif
Mangunan	Stasiun	Stasiun				Mangunan	Mangunan
	Pembanding	Pembanding				Terkoreksi	Terkoreksi
85	117.400	117.400			1	85	85
188	102.600	220.000			1	103	188
291	104.200	324.200			1	103	291
370	107.000	431.200	0.738	0.988	1.000	79.000	370.000
473	83.600	514.800	1.232	0.738	1.000	103	473.000
576	109.800	624.600			1	103	576.000
679	100.200	724.800			1	103	679.000
839	112.600	837.400	1.421	1.028	0.723415669	115.746507	794.747
964	106.200	943.600	1.177	1.421	1.207246892	150.9058615	945.652
1089	82.000	1025.600	1.123	1.177	1.047782578	130.973	1076.625
1191	90.800	1116.400			1	102	1178.625
1294	111.600	1228.000			1.000	103.000	1281.625



Gambar 4.8 Grafik hasil koreksi Sta. Mangunan

Note: tanda yang dibulatkan merupakan data yang di koreksi menggunakan lengkung massa ganda



Gambar 4.9 Pembagian wilayah stasiun dengan metode Thiessen

4.3. Penentuan Nilai Hujan Maksimum Dengan Metode Poligon Thiessen

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 thiessen. Pembagian wilayah DAS per stasiun dapat dilihat dari Gambar 4.9.

Kemudian dari gambar diatas, dicari luas masing-masing wilayah. Dari luas yang telah ditemukan, dihitung nilai koefisien per wilayah stasiun. Tabel yang menunjukkan wilayah masing-masing stasiun dapat dilihat pada Tabel 4.20. Dari bobot wilayah yang telah didapatkan, maka bisa dihitung nilai hujan maksimum. Nilai hujan maksimum tiap tahun dapat dilihat pada Tabel 4.21

4.4. Pemilihan Jenis Sebaran

Dari nilai hujan maksimum yang telah diperoleh, kemudian dipilih metode untuk jenis sebaran. Dalam hidrologi, ada beberapa pilihan jenis sebaran data yang dapat digunakan, yaitu:

1. Distribusi Normal
2. Distrubusi Log Normal
3. Distribusi Log Pearson III
4. Distribusi Gumbel

Dari sekian banyak jenis sebaran perlu dihitung dan dipilih salah satu jenis sebaran, dan perhitungan pemilihan jenis sebaran dapat dilihat pada Tabel 4.22

Tabel 4.20 Luas dan bobot tiap wilayah

STASIUN	LUAS (unit)	LUAS (KM ²)	KOEFISIEN
Benjeng	15,536	99,64947	0,19096
Mantup	29,8818	191,66488	0,36729
Menganti	3,6949	23,69946	0,04542
Pule Kidul	21,3558	136,97825	0,26250
Bluluk	3,9186	25,13430	0,04817
Terusan	1,6611	10,65446	0,02042
Mangunan	5,3087	34,05054	0,06525
Σ	81,35690	521,83135	1,00000

Tabel 4.21 Hujan Maksimum Thiesen

TAHUN BOBOT DAERAH →	STASIUN						HUJAN MAKSIMUM
	Benjeng	Mantup	Pule Kidul	Bluluk	Terusan	Mangunan	
	0.143	0.369	0.340	0.065	0.026	0.058	
2003	99.376	127.368	140.000	99.209	118.255	85.000	123.157
2004	94.014	112.004	116.000	64.000	100.125	103.000	106.867
2005	99.554	99.980	94.000	97.000	110.426	103.000	98.136
2006	115.000	101.984	106.000	77.000	81.000	105.768	103.271
2007	79.000	94.190	100.000	67.250	89.000	103.000	92.640
2008	76.000	114.231	110.000	91.068	108.000	103.000	105.032
2009	84.000	110.000	110.000	61.000	92.912	103.000	102.280
2010	90.000	105.000	124.474	105.000	126.202	115.747	110.659
2011	89.000	100.000	112.895	92.000	101.000	109.168	102.862
2012	60.000	63.000	95.749	72.262	90.000	84.291	76.247
2013	57.853	66.871	94.858	96.000	97.281	102.000	79.817
2014	67.453	77.682	125.000	109.357	115.483	125.366	98.118

Dari data perhitungan jenis sebaran diatas dapat menghitung persamaan-persamaan yang digunakan untuk mencari koefisien distribusi.

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1199,084}{12} = 99,0126$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{1779,093}{12 - 1}} = 11,217$$

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{11,217}{99,0126} = 0.1156$$

Tabel 4.22 Perhitungan Pemilihan Jenis Sebaran

Tahun	Hujan Max. (Xi)	Xi - X	(Xi - X) ²	(Xi - X) ³	(Xi - X) ⁴
2003	123.157	23.233	539.784	12540.932	291366.585
2004	106.867	6.943	48.212	334.755	2324.357
2005	98.136	-1.787	3.194	-5.709	10.202
2006	103.271	3.347	11.202	37.490	125.474
2007	92.640	-7.284	53.058	-386.484	2815.198
2008	105.032	5.108	26.092	133.279	680.792
2009	102.280	2.357	5.553	13.086	30.837
2010	110.659	10.735	115.238	1237.074	13279.882
2011	102.862	2.938	8.631	25.355	74.488
2012	76.247	-23.677	560.588	-13272.902	314259.086
2013	79.817	-20.107	404.280	-8128.741	163442.266
2014	98.118	-1.806	3.262	-5.891	10.639
Jumlah	1199.084	0.000	1779.093	-7477.756	788419.807

Tabel 4.23 Bentuk Logaritmis Hujan Maksimum

No	Tahun	Hujan Max. (Xi)	Log Xi	Log Xi - Log X	[Log Xi - Log X] ²	[Log Xi - Log X] ³
1	2003	123.157	2.090459	0.094182	0.008870	0.000835
2	2004	106.867	2.028844	0.032567	0.001061	0.000035
3	2005	98.136	1.991831	-0.004446	0.000020	0.000000
4	2006	103.271	2.013977	0.017700	0.000313	0.000006
5	2007	92.640	1.966797	-0.029480	0.000869	-0.000026
6	2008	105.032	2.021321	0.025044	0.000627	0.000016
7	2009	102.280	2.009792	0.013515	0.000183	0.000002
8	2010	110.659	2.043985	0.047708	0.002276	0.000109
9	2011	102.862	2.012253	0.015976	0.000255	0.000004
10	2012	76.247	1.882223	-0.114054	0.013008	-0.001484
11	2013	79.817	1.902095	-0.094182	0.008870	-0.000835
12	2014	98.118	1.991747	-0.004530	0.000021	0.000000
Total		1199.084	23.955322	0.000000	0.036373	-0.001339

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{12 \cdot -7477,756}{11 \cdot 10.11,217^3} = -1,3252$$

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \frac{12^2 \cdot 788419,807}{11 \cdot 10.9 \cdot 11,217^4} = 6,305$$

Dari hasil pengamatan yang didapat, maka disimpulkan bahwa distribusi yang digunakan adalah Distribusi Log Pearson.

4.5 Curah Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson

Berikut ini langkah – langkah penggunaan distribusi Log – Pearson Tipe III: (Suripin, 2004: 41)

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, seperti pada Tabel 4.23 $X_i = \text{Log } X_i$

2. Hitung harga rata – rata: $\log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n}$

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} = \frac{23,806236}{12} = 1,983853$$

3. Hitung harga simpangan baku (standar deviasi) = $S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^2}{n-1} \right]^{0,5}$

$$S_{\text{hasil}} = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log X)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.32901}{11}} = 0,0547$$

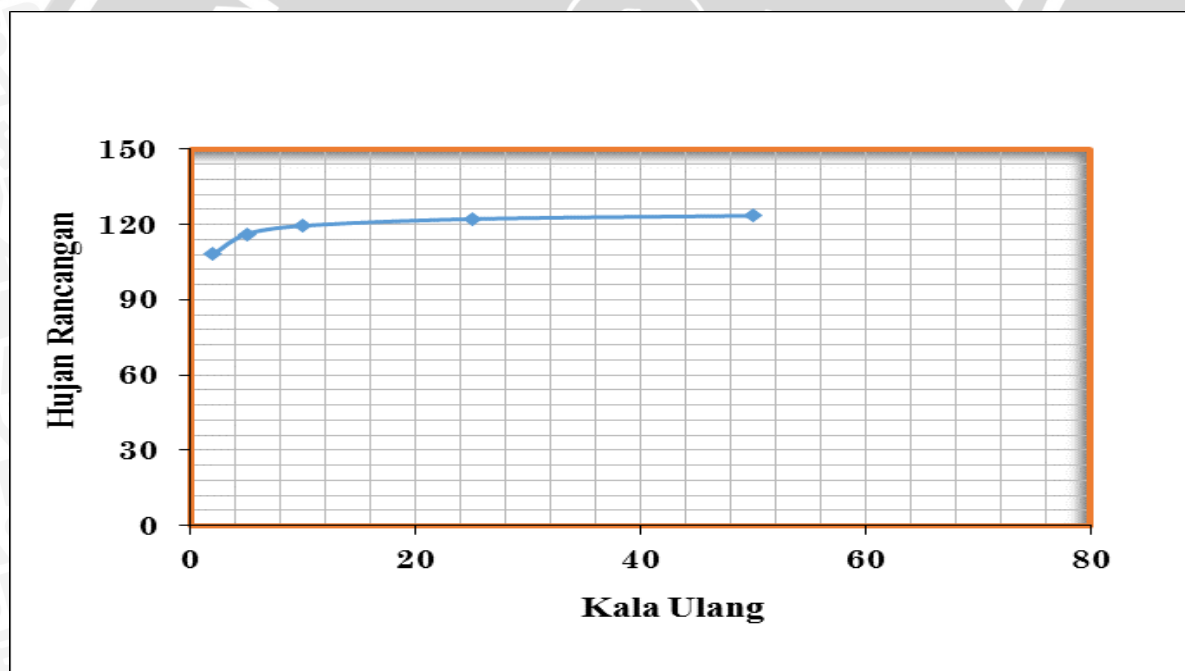
4. Hitung koefisien kepencengan = $C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3}$

$$C_s = \frac{n \sum (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{12 \cdot -0,002571}{11 \cdot 10,0547} = -1,7144$$

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus =
 $\log X_t = \log \bar{X} + K \cdot s$

Tabel 4.24 Distribusi Log Pearson

No	Tr	Peluang	G	Log Xt	Xt
1	2	50	0.1269	2.0036	100.8260
2	5	20	0.8563	2.0455	111.0499
3	10	10	1.1714	2.0636	115.7816
4	25	4	1.461	2.0803	120.303805
5	50	2	1.624	2.0897	122.9357782



Gambar 4.10 Grafik Hujan Rancangan Metode Log Pearson III

4.6 Uji Kesesuaian Distribusi Smirnov - Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horizontal antara distribusi empiris dengan teoritis. Langkah-langkah pengujian distribusi adalah sebagai berikut :

- Menyusun data curah hujan maksimum dari yang terbesar hingga terkecil atau sebaliknya
- Menghitung peluang empiris : $P_E = \frac{m}{n+1}$
- Menghitung nilai G dengan interpolasi sesuai dengan peluangnya, untuk $C_s = -0.9259$. Untuk lengkapnya dapat dilihat pada C_s pada perhitungan log pearson.
- Menghitung nilai P_T dengan menginterpolasi nilai G.
- Menghitung selisih absolut antara P_T dan P_E , $\Delta = |P_E - P_T|$
- Bandingkan Δ Maks dengan Δ kritis, jika $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$ maka distribusi yang kita lakukan sudah sesuai, jika tidak maka harus digunakan distribusi data lainnya.

Tabel 4.25 Perhitungan pemilihan jenis sebaran

No.urut m	Curah Hujan Harian Maks (Xi)	Log Xi	Log Xi- Log X	(Log Xi- Log X) ²	Peluang Empiris $P_E(^3X) =$ $m/(n+1)$	Koefisien Frekuensi G	Peluang Teoritis P_T	$\Delta = P_E - P_T $
1	112.363	2.051	0.073	0.00532	7.692	1.250	5.878	1.814
2	109.415	2.039	0.061	0.00377	15.385	1.052	12.228	3.157
3	108.889	2.037	0.059	0.00352	23.077	1.016	12.650	10.426
4	102.813	2.012	0.034	0.00118	30.769	0.589	31.863	1.094
5	98.241	1.992	0.015	0.00021	38.462	0.250	47.085	8.624
6	98.011	1.991	0.014	0.00019	46.154	0.233	47.869	1.715
7	94.454	1.975	-0.002	0.00001	53.846	-0.042	53.379	0.467
8	92.369	1.966	-0.012	0.00015	61.538	-0.208	55.844	5.695
9	91.670	1.962	-0.015	0.00024	69.231	-0.265	56.683	12.548
10	90.986	1.959	-0.019	0.00035	76.923	-0.320	57.510	19.413
11	78.781	1.896	-0.081	0.00660	84.615	-1.392	73.417	11.199
12	71.016	1.851	-0.126	0.01595	92.308	-2.164	84.875	7.432
Jumlah	1149.007	23.732	0.000	0.037	600.000	0.000	539.283	83.584

Tabel 4.26 Nilai Δ Kritis

N	α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Untuk tingkat kesalahan (α) sebesar 5%, maka dengan penggunaan interpolasi pada jumlah data sebesar 12 didapatkan tingkat kesalahan sebesar 38,2 %. Dengan kesalahan maksimum berdasarkan data log pearson sebesar 19,413 %. Dari data tersebut dibandingkan dengan 19,413 % < 38,2 %, maka dapat disimpulkan bahwa data Log Pearson III dapat digunakan pada penelitian kali ini.

4.7 Koefisien Pengaliran

Menghitung nilai koefisien pengaliran (C) dengan cara menghitung rata-rata dari koefisien berdasarkan luas daerah tata guna lahan pada lokasi studi. Berdasarkan Peta Tata Guna Lahan dapat diketahui berbagai ,macam tata guna lahan yang terdapat di DAS Kali Lamong. Nilai masing-masing koefisien terhadap tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 4.27. Kemudian menghitung nilai C total dengan persamaan:

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

$$C = \frac{194,494}{400,945} = 0,485$$

Dari persamaaan di atas, didapatkan nilai C rata-rata adalah 0.485

Tabel 4.27 Perhitungan Koefisien Limpasan

Jenis Tata Guna lahan	Luas (Ha)	Luas potongan (Km2)	Koefisien Run Off	C x A	Koefisien Limpasan
Area Pemukiman	4.615,92	29,515	0,6	17,709	0.033936
Area terisi air	275,167	2,752	0,6	1,651	0.003164
Gedung	22,471	0,225	0,6	0,135	0.000258
Hutan	557,636	5,576	0,6	3,346	0.006412
Hutan Rawa	60,112	0,601	0,6	0,361	0.000691
Industri	610,539	0,000	0,6	0,000	0
Penggaraman	672,264	0,000	0,6	0,000	0
Perkebunan/kebun	11535,749	113,541	0,5	56,770	0.108791
Rawa	27,08	0,271	0,5	0,135	0.000259
Rumput/tanah kosong	448,089	4,481	0,1	0,448	0.000859
sawah irigasi	11438,765	83,039	0,75	62,279	0.119347
Sawah Tadah hujan	22961,356	138,712	0,75	104,034	0.199364
Semak Belukar	1298,741	12,533	0,5	6,267	0.012009
Tambak/empang	3044,324	0,000	0,6	0,000	0
Tanah berbatu	95,643	0,000	0,1	0,000	0
Tegalan/ladang	14162,766	130,586	0,5	65,293	0.02513
Total	71.827	400,945		194,494	0,485089

4.8 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. Perhitungan dengan metode mononobe dapat dilihat di bawah:

$$\begin{aligned}
 \text{Contoh jam pertama : } I &= \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \\
 &= \frac{100,8286}{24} \cdot \left[\frac{24}{1} \right]^{\frac{2}{3}} \\
 &= 34,954 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan keseluruhan metode mononobe dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

Tabel 4.28 Perhitungan Distribusi Hujan Metode Mononobe

Jam	Kala Ulang (T)				
	2	5	10	25	50
1	34,954	38,499	40,139	41,7069	42,6194
2	22,020	24,253	25,286	26,2737	26,8485
3	16,804	18,508	19,297	20,0506	20,4892
4	13,872	15,278	15,929	16,5514	16,9135

4.9 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dalam pembahasan tentang Debit Banjir Rencana, terdapat banyak penggunaan metode dalam perhitungan Debit Banjir Rencana. Pada pembahasan ini, saya menggunakan Metode Rasional dan metode Hidrograf Sintetik Satuan Nakayasu.

4.9.1 Metode Rasional

Metode Rasional merupakan cara termudah dalam perhitungan Debit Banjir Rencana. Karena cara ini hanya menggunakan rumus yang sederhana, seperti pada rumus berikut ini:

$$Q_r = 0,278.C.I.A$$

$$C = 0,485$$

$$I = \text{Dilihat di Tabel 4.28}$$

$$A = 400,945 \text{ km}^2$$

Untuk hasil perhitungan debit banjir rencana Kali Lamong dapat dilihat pada Tabel 4.29

4.9.2 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Pada perhitungan Hidrogra Satuan, cara yang dipergunakan adalah Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

Tabel 4.29 Debit Banjir Rencana Sungai Kali lamong

Tr	R (mm/hari)	I (mm/jam)	Qr (m ³ /dtk)
2	100,82597	34,95441	1889,96427
5	111,04995	38,49887	2081,61083
10	115,78156	40,13922	2170,30404
25	120,30380	41,70700	2255,07272
50	122,93578	42,61945	2304,40858

1. Perhitungan Hidrograf Satuan Sungai Kali Lamong

1. Luas DAS (A) = 400,945 km²
2. Panjang Sungai Utama (L) = 101.025 km
3. Koefisien Pengaliran (C) = 0,485
4. Parameter Alfa (a) = 2

Menghitung parameter Hidrograf

Menghitung nilai T_p (tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak banjir)

$$T_p = t_g + 0.8 t_r$$

Dimana: $L < 15 \text{ km}, t_g = 0.21L$
 $L > 15 \text{ km}, t_g = 0.4 + 0.058L$

Karena $L = 101.025 \text{ km}$, maka nilai t_g yang dipakai adalah

$$t_g = 0.4 + 0.058L$$

$$t_g = 0.4 + 0.058 \times 101.025$$

$$t_g = 6.287 \text{ jam}$$

Nilai t_r berkisar antara $0.5 < t_r < t_g$, diambil $T_r = 0.75 t_g = 0.75 \times 6.287 = 4.715$

Jadi, nilai $T_p = t_g + 0.8 t_r = 6.287 + 0.8 \times 4.715 = 10.059$

Menghitung nilai $T_{0.3}$ (waktu yang diperlukan oleh penurunan debit puncak sampai 30% dari debit puncak)

$$T_{0.3} = \alpha \times t_g = 2 \times 6.287 = 12.574$$

Menghitung nilai Q_p (debit puncak banjir)

$$Q_p = \frac{C.A.R}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})}$$

$$Q_p = \frac{0.485 \times 400,945 \times 1}{3.6(0.3 \times 10.059 + 12.574)}$$

$$Q_p = 3,465$$

Bagian lengkung naik

Q_a (limpasan sebelum mencapai debit puncak)

Q_a terjadi pada saat $0 < t < T_p$ atau $0 < t < 10,059$, dengan persamaan:

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4}$$

Bagian lengkung turun

Q_{d1} terjadi pada saat $Tp < t < (Tp + T_{0.3})$ atau $10,059 < t < 22,634$, dengan persamaan:

$$Q_{d1} = Qp \cdot 0.3^{\frac{(t-Tp)}{T_{0.3}}}$$

Q_{d2} terjadi pada saat $(Tp + T_{0.3}) < t < (Tp + 2.5t)$ atau $22,634 < t < 41,495$, dengan persamaan:

$$Q_{d2} = Qp \cdot 0.3^{\frac{(t-Tp+0.5T_{0.3})}{1.5T_{0.3}}}$$

Q_{d3} terjadi pada saat $t > (Tp + 2.5t)$ atau $t > 41,495$, dengan persamaan:

$$Q_{d3} = Qp \cdot 0.3^{\frac{(t-Tp+1.5T_{0.3})}{2T_{0.3}}}$$

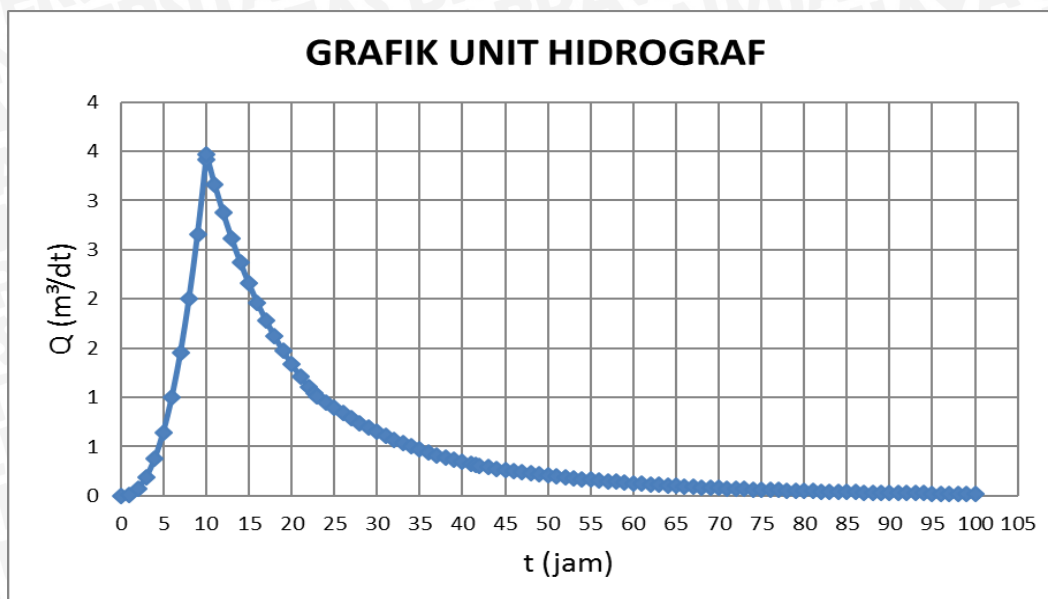
Hasil perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Kali Lamong dapat dilihat pada Tabel 4.30

Tabel 4.30 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Kali Lamong

t (jam)	Qa	Qd1	Qd2	Qd3
0	0.000			
1	0.014			
2	0.072			
3	0.190			
4	0.379			
5	0.647			
6	1.003			
7	1.451			
8	2.000			
9	2.653			
10	3.416			
10.059	3.465	3.465		
11		3.167		
12		2.877		
13		2.615		
14		2.376		
15		2.159		
16		1.962		
17		1.783		
18		1.620		
19		1.472		
20				1.338
21				1.215
22				1.105
22.634				1.039
23				1.015
24				0.953
25				0.894
26				0.838
27				0.787
28				0.738
29				0.692
30				0.650
31				0.609
32				0.572
33				0.536
34				0.503
35				0.472
36				0.443
37				0.415
38				0.390
39				0.366
40				0.343
41				0.322

41			0.322		83				0.043
41.495			0.312	0.312	84				0.041
42				0.304	85				0.039
43				0.290	86				0.037
44				0.277	87				0.035
45				0.264	88				0.034
46				0.251	89				0.032
47				0.240	90				0.031
48				0.228	91				0.029
49				0.218	92				0.028
50				0.208	93				0.026
51				0.198	94				0.025
52				0.189	95				0.024
53				0.180	96				0.023
54				0.171	97				0.022
55				0.163	98				0.021
56				0.156	99				0.020
57				0.148	100				0.019
58				0.142					
59				0.135					
60				0.129					
61				0.123					
62				0.117					
63				0.111					
64				0.106					
65				0.101					
66				0.096					
67				0.092					
68				0.088					
69				0.084					
70				0.080					
71				0.076					
72				0.072					
73				0.069					
74				0.066					
75				0.063					
76				0.060					
77				0.057					
78				0.054					
79				0.052					
80				0.049					
81				0.047					
82				0.045					
83				0.043					





Gambar 4.11 Grafik unit hidrograf

2. Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana

Setelah mendapatkan hidrograf satuannya langkah selanjutnya membuat hidrograf banjir rencana untuk masing-masing kala ulang, dapat dilihat pada Tabel 4.31. Dan debit maksimum pada Kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.31 Hidrograf Banjir Rencana untuk Kala Ulang 2 tahun

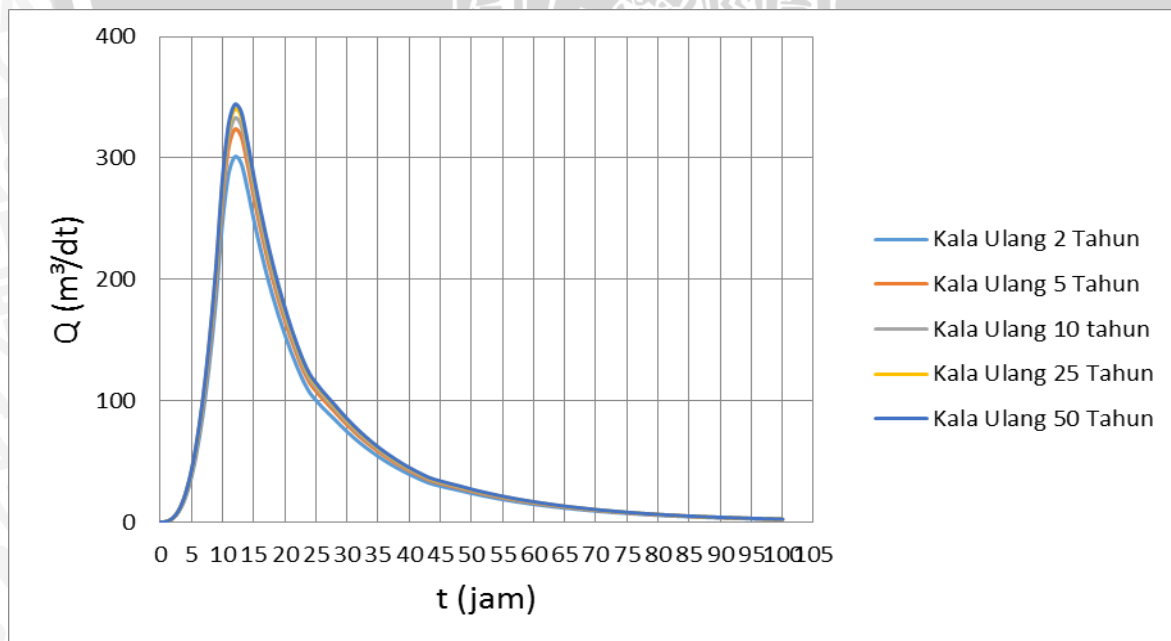
t (jam)	O	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m³/dt)
		34.954	22.020	16.804	13.872	
0	0.000	0	0	0	0	0
1	0.014	0.475	0	0	0	0.475
2	0.072	2.509	0.299	0	0	2.808
3	0.190	6.639	1.581	0.229	0	8.448
4	0.379	13.243	4.183	1.206	0.189	18.820
5	0.647	22.623	8.342	3.192	0.996	35.153
6	1.003	35.042	14.252	6.366	2.635	58.296
7	1.451	50.730	22.075	10.876	5.255	88.937
8	2.000	69.895	31.958	16.847	8.978	127.678
9	2.653	92.729	44.031	24.389	13.907	175.055
10	3.416	119.408	58.415	33.602	20.132	231.557
11	3.465	121.121	75.222	44.579	27.738	268.660
12	3.167	110.685	76.301	57.405	36.799	281.191
13	2.877	100.579	69.727	58.229	47.387	275.922
14	2.615	91.395	63.361	53.212	48.067	256.034
15	2.376	83.050	57.575	48.353	43.925	232.904
16	2.159	75.467	52.318	43.938	39.915	211.638
17	1.962	68.576	47.541	39.926	36.270	192.314
18	1.783	62.315	43.200	36.281	32.958	174.754
19	1.620	56.625	39.256	32.968	29.949	158.797
20	1.472	51.454	35.671	29.958	27.214	144.298
21	1.338	46.756	32.414	27.222	24.730	131.122
22	1.215	42.487	29.455	24.737	22.472	119.150

23	1.105	38.608	26.765	22.478	20.420	108.270
24	1.039	36.334	24.321	20.426	18.555	99.636
25	1.015	35.495	22.889	18.561	16.861	93.805
26	0.953	33.300	22.360	17.467	15.321	88.449
27	0.894	31.241	20.978	17.064	14.419	83.702
28	0.838	29.309	19.681	16.009	14.086	79.085
29	0.787	27.497	18.464	15.019	13.215	74.194
30	0.738	25.796	17.322	14.090	12.398	69.606
31	0.692	24.201	16.251	13.219	11.631	65.302
32	0.650	22.704	15.246	12.402	10.912	61.264
33	0.609	21.300	14.303	11.635	10.237	57.475
34	0.572	19.983	13.418	10.915	9.604	53.921
35	0.536	18.748	12.589	10.240	9.010	50.587
36	0.503	17.588	11.810	9.607	8.453	47.459
37	0.472	16.501	11.080	9.013	7.930	44.524
38	0.443	15.480	10.395	8.456	7.440	41.771
39	0.415	14.523	9.752	7.933	6.980	39.188
40	0.390	13.625	9.149	7.442	6.548	36.764
41	0.366	12.782	8.583	6.982	6.143	34.491
42	0.343	11.992	8.052	6.550	5.763	32.358
43	0.322	11.250	7.554	6.145	5.407	30.357
44	0.312	10.900	7.087	5.765	5.073	28.826
45	0.304	10.640	6.867	5.409	4.759	27.675
46	0.290	10.143	6.703	5.240	4.465	26.551
47	0.277	9.669	6.389	5.115	4.326	25.499
48	0.264	9.217	6.091	4.876	4.223	24.406
49	0.251	8.786	5.806	4.648	4.025	23.265
50	0.240	8.375	5.535	4.431	3.837	22.178
51	0.228	7.984	5.276	4.224	3.658	21.141
52	0.218	7.610	5.029	4.026	3.487	20.153
53	0.208	7.255	4.794	3.838	3.324	19.210
54	0.198	6.915	4.570	3.659	3.168	18.312
55	0.189	6.592	4.356	3.488	3.020	17.456
56	0.180	6.284	4.153	3.325	2.879	16.640
57	0.171	5.990	3.959	3.169	2.744	15.863
58	0.163	5.710	3.774	3.021	2.616	15.121
59	0.156	5.443	3.597	2.880	2.494	14.414
60	0.148	5.189	3.429	2.745	2.377	13.740
61	0.142	4.946	3.269	2.617	2.266	13.098
62	0.135	4.715	3.116	2.495	2.160	12.486
63	0.129	4.495	2.970	2.378	2.059	11.902
64	0.123	4.285	2.831	2.267	1.963	11.346
65	0.117	4.084	2.699	2.161	1.871	10.815
66	0.111	3.893	2.573	2.060	1.784	10.310
67	0.106	3.711	2.453	1.963	1.700	9.828
68	0.101	3.538	2.338	1.872	1.621	9.368
69	0.096	3.372	2.229	1.784	1.545	8.930
70	0.092	3.215	2.125	1.701	1.473	8.513
71	0.088	3.065	2.025	1.621	1.404	8.115
72	0.084	2.921	1.931	1.546	1.338	7.736
73	0.080	2.785	1.840	1.473	1.276	7.374
74	0.076	2.655	1.754	1.404	1.216	7.029
75	0.072	2.530	1.672	1.339	1.159	6.701
76	0.069	2.412	1.594	1.276	1.105	6.387
77	0.066	2.299	1.520	1.217	1.053	6.089
78	0.063	2.192	1.449	1.160	1.004	5.804
79	0.060	2.089	1.381	1.105	0.957	5.533

80	0.057	1.992	1.316	1.054	0.913	5.274
81	0.054	1.899	1.255	1.004	0.870	5.028
82	0.052	1.810	1.196	0.958	0.829	4.793
83	0.049	1.725	1.140	0.913	0.790	4.569
84	0.047	1.645	1.087	0.870	0.753	4.355
85	0.045	1.568	1.036	0.829	0.718	4.151
86	0.043	1.494	0.988	0.791	0.685	3.957
87	0.041	1.425	0.941	0.754	0.653	3.772
88	0.039	1.358	0.897	0.718	0.622	3.596
89	0.037	1.295	0.855	0.685	0.593	3.428
90	0.035	1.234	0.816	0.653	0.565	3.268
91	0.034	1.176	0.777	0.622	0.539	3.115
92	0.032	1.121	0.741	0.593	0.514	2.969
93	0.031	1.069	0.706	0.566	0.490	2.831
94	0.029	1.019	0.673	0.539	0.467	2.698
95	0.028	0.971	0.642	0.514	0.445	2.572
96	0.026	0.926	0.612	0.490	0.424	2.452
97	0.025	0.883	0.583	0.467	0.404	2.337
98	0.024	0.841	0.556	0.445	0.385	2.228
99	0.023	0.802	0.530	0.424	0.367	2.124
100	0.022	0.765	0.505	0.404	0.350	2.025

Tabel 4.32 Debit Maksimum Gabungan

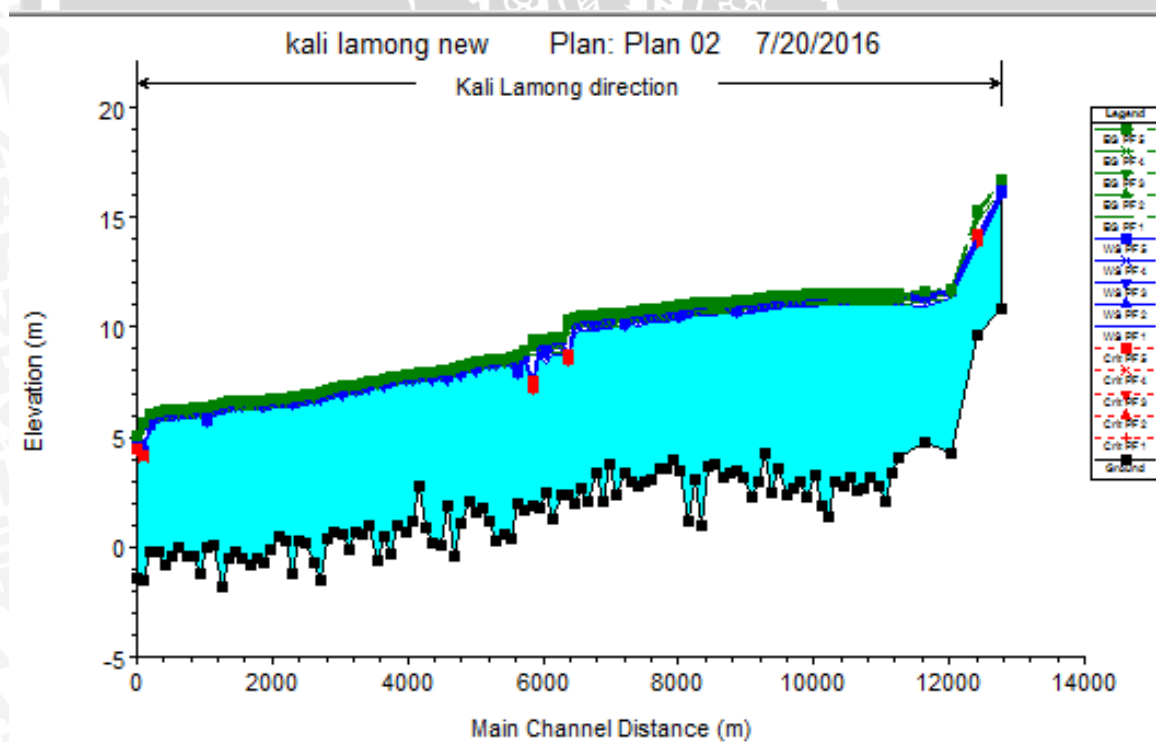
Kala Ulang	Debit Maksimum
2	281.191
5	309.704
10	322.900
25	335.512
50	342.853



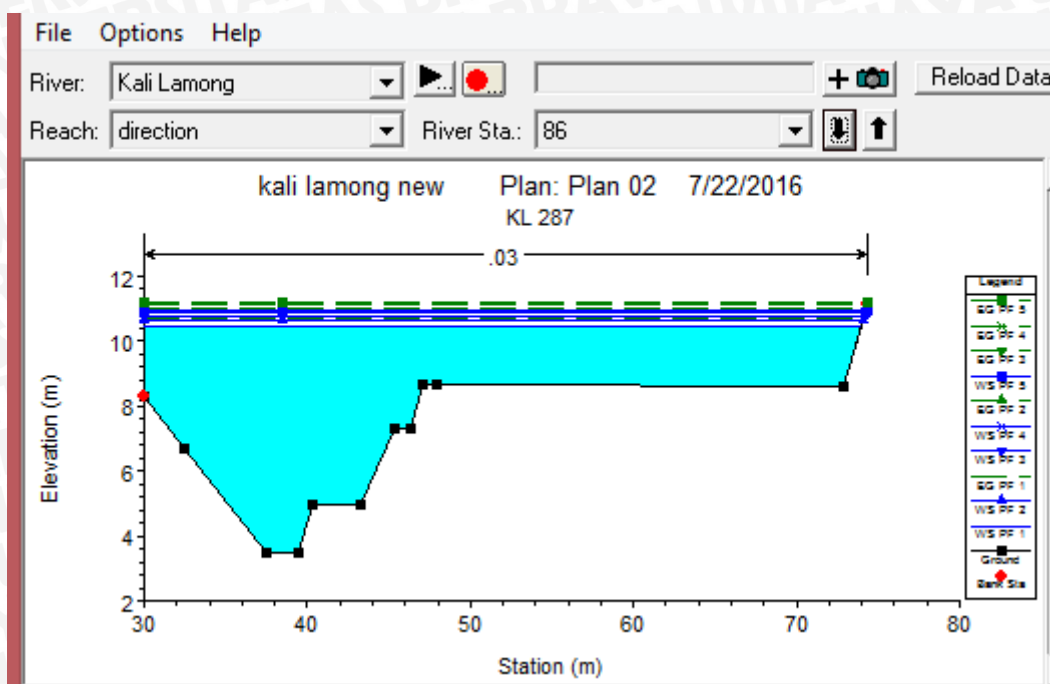
Gambar 4.12 Grafik Hidrograf Nakayasu Gabungan

4.10 Permodelan Kapasitas Sungai Dengan Program Hec-RAS

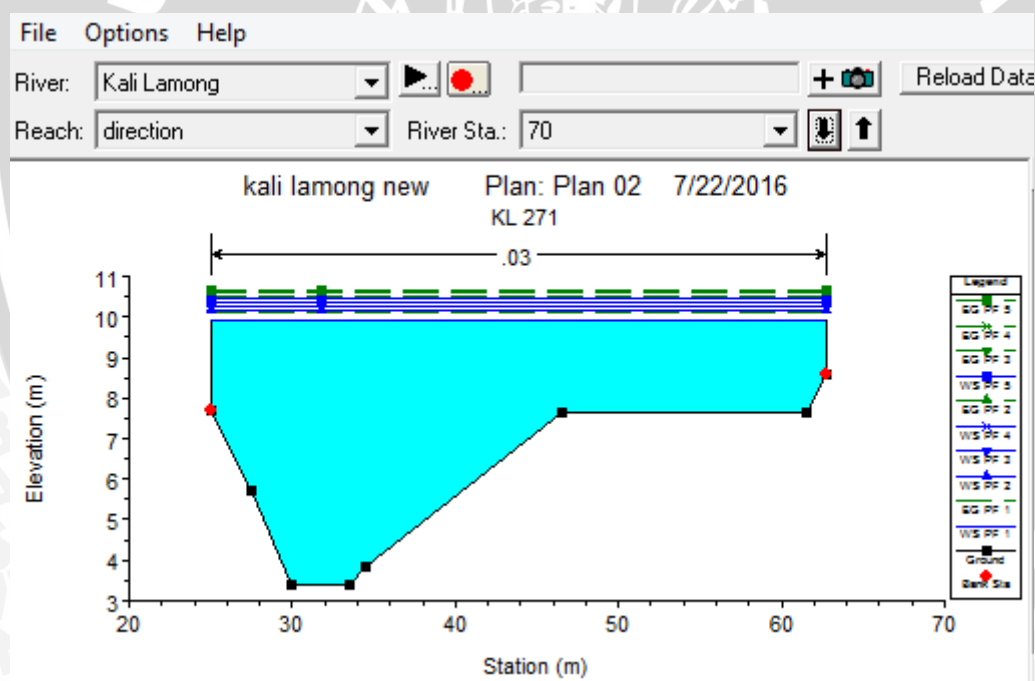
Setelah mendapatkan debit banjir rancangan, maka tahap selanjutnya yaitu menentukan apakah kapasitas sungai dapat menampung debit banjir rancangan atau tidak. Jika kapasitas sungai $<$ debit banjir rancangan, maka sungai Kali Lamong akan meluap dan menggenangi daerah sekitarnya yang akan mengakibatkan banjir. Namun, jika ternyata kapasitas sungai $>$ debit banjir rancangan, maka sudah dipastikan bahwa daerah sekitar sungai Kali Lamong aman dari banjir. Untuk membuktikan apakah kapasitas dari Sungai Kali Lamong dapat menahan debit banjir rencana atau tidak, saya menggunakan permodelan dari sistem aplikasi Hec-RAS. Data-data yang digunakan dalam permodelan sungai yaitu penampang melintang sungai, penampang memanjang sungai, dan debit banjir rancangan dari hidrograf nakayasu. Setelah memasukan data-data yang dibutuhkan ke dalam program Hec-RAS, berikut merupakan hasil dari permodelan menggunakan Hec-RAS.



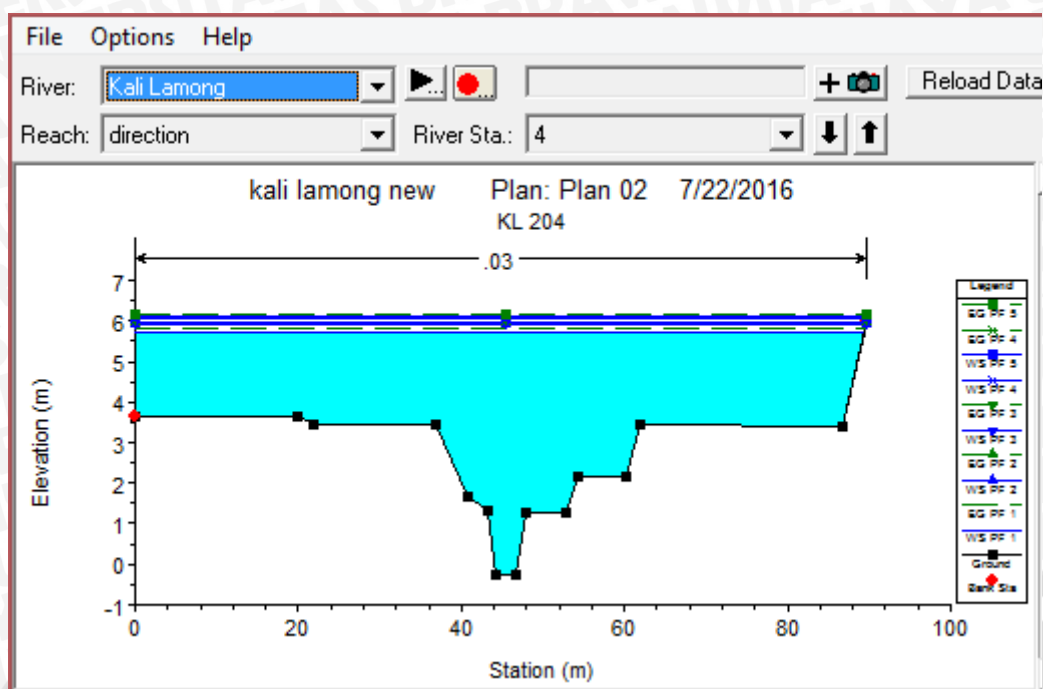
Gambar 4.13 Potongan memanjang sungai yang terendam air



Gambar 4.14 Permodelan pada penampang melintang KL 287



Gambar 4.15 Permodelan pada penampang KL 271

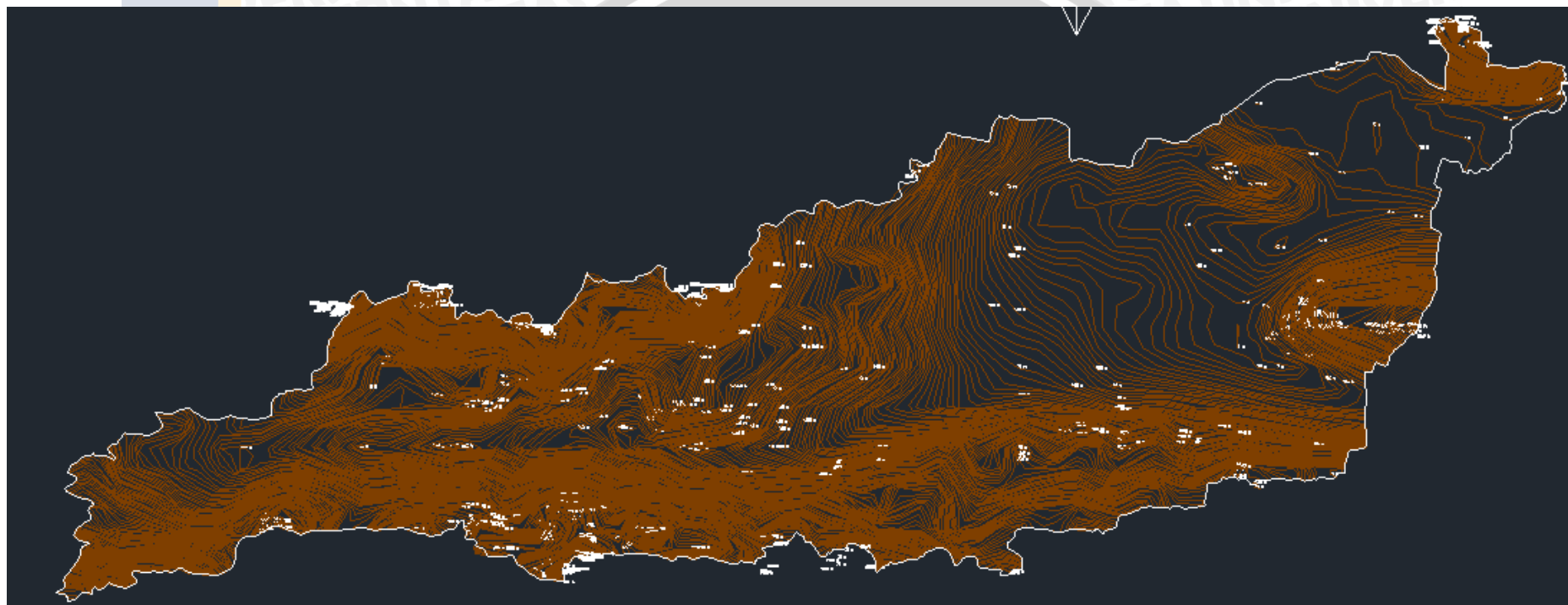


Gambar 4.16 Permodelan pada penampang KL 204

Setelah dimodelkan, maka hampir keseluruhan dari sungai Kali Lamong yang dimodelkan mengalami luapan yang mengakibatkan banjir di sekitar kawasan sungai.

4.11. Menentukan Lokasi Genangan Banjir Dengan Bantuan Peta Kontur

Setelah sungai telah dimodelkan, maka diketahui daerah mana saja yang terkena luapan dari sungai Kali Lamong. Penentuan daerah yang mengalami banjir berdasarkan dari penampang sungai yang meluap. Setelah merutekan dari penampang-penampang tersebut, lalu sungai yang dimodelkan dimasukkan pada Peta Kontur. Peta Kontur yang digunakan seperti pada Gambar 4.17. Setelah peta kontur siap, lalu memasukan sungai yang dimodelkan pada peta kontur tersebut. Peta kontur dan sungai yang telah disatukan seperti pada Gambar 4.18. Setelah disatukan, maka langkah selanjutnya yaitu merutekan bagian-bagian mana yang terkena luapan sungai Kali Lamong dan membuat genangan pada peta Tata Guna Lahan. Agar diketahui Jenis daerah apa saja yang terkena luapan.



Gambar 4.17 Peta Kontur Das Kali Lamong



Gambar 4.18 Lokasi Permukiman

4.12. Perhitungan Kerugian Akibat Luapan Sungai

Setelah mengetahui kawasan mana saja yang terkena luapan Sungai Kali Lamong, maka tahap terakhir yaitu menghitung kerugian pada daerah-daerah yang terkena banjir akibat luapan sungai Kali Lamong. Hal-hal yang dibutuhkan untuk menghitung kerugian yaitu luas dari daerah yang terkena luapan, tinggi genangan banjir, harga unit satuan, dan jumlah dari unit yang terkena. Setelah dilihat dari peta Tata Guna Lahan dan Google earth, kawasan-kawasan yang terkena banjir yaitu Permukiman dan persawahan. Lokasi yang tergenang banjir dapat dilihat pada Gambar 4.19.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kerugian pada permukiman berbeda dengan kerugian pada persawahan. Contoh perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.18. Kerugian pada permukiman yang terjadi seperti pada Gambar 4.18, yaitu :

Kerugian Langsung pada Permukiman : Harga Unit x tinggi genangan x jumlah rumah

$$: (\text{Rp.}2.500.000 \times 72\text{m}^2) \times 0,4 \text{ m} \times 13$$

$$: \text{Rp.}936.000.000$$

Kerugian Tidak Langsung

: Harga kerugian Langsung x koefisien tak langsung

$$: \text{Rp.} 936.000.000 \times 0,15$$

: Rp. 140.400.000
 Kerugian Total : Kerugian Langsung + Kerugian tak Langsung
 : Rp. 1.076.400.000

Perhitungan di atas merupakan contoh sebagian perhitungan dari keseluruhan total pemukiman yang ada. Untuk total pemukiman yang ada dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

Kerugian langsung pada pemukiman : Harga unit x tinggi genangan x jumlah rumah
 : $(Rp. 2.500.000 \times 72 \text{ m}^2) \times 0,4\text{m} \times 201$
 : Rp. 14.472.000.000

Kerugian tidak langsung : Harga kerugian langsung x Koefisien Tak Langsung
 : $Rp. 14.472.000.000 \times 0.15$
 : Rp. 2.170.800.000

Kerugian Total Pemukiman : Rp. 16.642.800.000

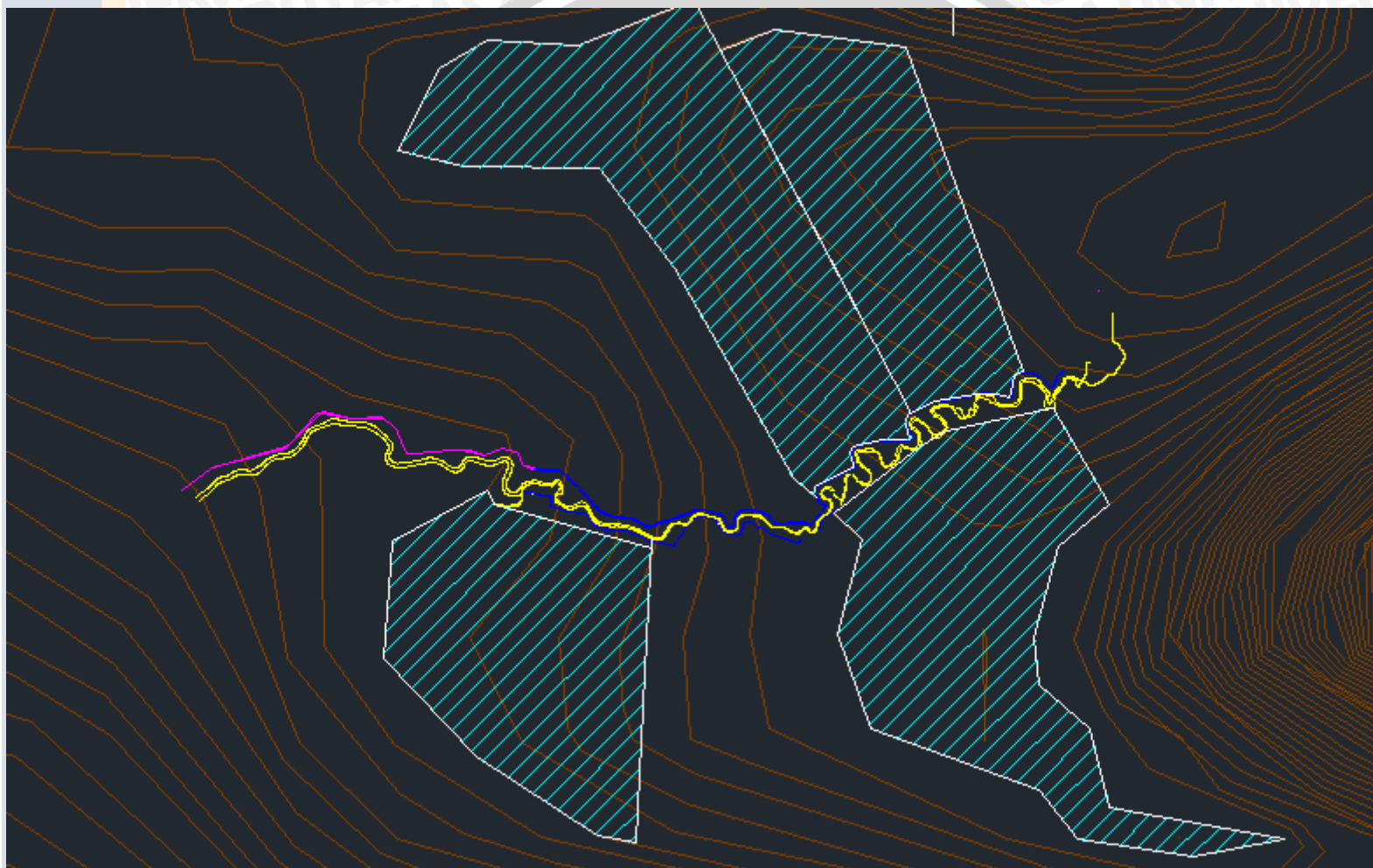
Setelah didapatkan kerugian pada lokasi pemukiman, maka selanjutnya yaitu perhitungan untuk persawahan. Lokasi pada persawahan yaitu seperti pada Gambar 4.19 yang diarsir dengan warna biru.

Kerugian Langsung Persawahan : Harga Unit x Tinggi genangan x Luas sawah
 : $Rp. 300.000 \times 0.8\text{m} \times 3259.305 \text{ m}^2$
 : Rp. 782.233.105

Kerugian tidak langsung : Harga Kerugian Langsung x Koefisien Tak Langsung
 : $Rp. 782.233.105 \times 0,1$
 : Rp. 78.223.310

Kerugian Total Persawahan : Rp. 860.456.416 ~ Rp. 860.456.500

Maka, kerugian total yang terkena luapan Sungai Kali Lamong pada Kabupaten Gresik, yaitu : Kerugian total Pemukiman (Rp. 16.642.800.000) + Kerugian Total Persawahan (Rp. 860.456.500) = Rp. 17.503.256.500.



Gambar 4.19 Lokasi Tergenang Banjir pada Peta Kontur

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari bab IV dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Debit banjir rencana dengan kala ulang tertentu adalah
 - a. Kala ulang 2 tahun : $281,191 \text{ m}^3/\text{dt}$
 - b. Kala ulang 5 tahun : $309,704 \text{ m}^3/\text{dt}$
 - c. Kala ulang 10 tahun : $322,9 \text{ m}^3/\text{dt}$
 - d. Kala ulang 25 tahun : $335,512 \text{ m}^3/\text{dt}$
 - e. Kala ulang 50 tahun : $342,853 \text{ m}^3/\text{dt}$
2. Lokasi yang terkena banjir akibat dari luapan Sungai Kali Lamong yaitu Desa Semen Lerek, Desa Morowudi, Desa Putat Lor Boteng, Desa Sukoanyar, Desa Boboh, Desa Beton, dan Desa Ngembung. Dengan total luas genangan banjir sebesar $3530,82 \text{ m}^2$.
3. Kerugian yang dialami Kabupaten Gresik karena banjir akibat luapan sungai Kali Lamong yaitu sebesar Rp. 17.503.256.500.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Dalam penelitian ini tidak dibahas tentang adanya sampah pada sungai, sedimentasi pada dasar sungai, buangan air limbah dari pemukiman, dan masih banyak hal lagi yang membuat penelitian ini tidak bisa dijadikan acuan yang sebenarnya dalam penanggulangan banjir pada Kabupaten Gresik.

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

1. Pengambilan data dengan pengukuran langsung di lapangan.
2. Penambahan buangan limbah dan sedimentasi pada dasar sungai.
3. Sampah yang mengakibatkan terhambatnya aliran sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Hidrologi teknik, Soemarto, CD.1986
- Hidrologi Aplikasi metode statistic untuk analisa data, jilid 1 , Soewarno.1995
- Mengenal dasar2 hidrologi, Martha Joyce dan wanny adidarma.1982
- Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai, Chay asdak, 2004
- Hidrologi saluran terbuka, chow, Vent e, 1997
- Hidrologi untuk pengairan . Sosrodrasoono Suyono dan Kensaku Takeda. 1999
- Chow, Ven Te. 1997. *Open Channel Hydraulics*. Jakarta : Erlangga.
- Soewarno, 1995, "Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data", Penerbit Nova, Bandung.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI.
- U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. Technical Reference, HEC-RAS River Analysis System, Davis, California.2004
- U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. User's Manual, HEC-RAS River Analysis System, Davis, California.2004
- Kodoatie, Robert J. 2013. "Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota. Yogyakarta: ANDI

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data curah hujan tiap stasiun dari tahun 2003 hingga 2014

1. Stasiun Benjeng

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	43	63	48	29	25	21	0	0	0	37	116	60
2004	49	52	62	24	60	0	0	0	0	0	90	57
2005	31	63	54	66	37	48	0	0	0	56	67	51
2006	94	76	34	59	115	48	0	0	0	0	35	82
2007	51	54	79	34	12	14	0	0	0	7	21	54
2008	25	19	40	15	10	49	0	3	0	27	40	76
2009	43	59	41	84	33	14	0	0	0	0	31	49
2010	63	73	61	26	37	43	35	16	18	16	90	64
2011	81	55	89	40	40	0	0	0	0	34	61	31
2012	53	29	30	27	29	10	0	0	0	50	60	54
2013	40	98	88	66	38	43	27	0	0	0	50	90
2014	49	52	47	50	26	31	15	0	0	0	34	127

2. Stasiun Mantup

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	48	100	0	0	32	0	0	0	0	45	85	60
2004	113	47	95	20	41	35	0	0	0	6	58	83
2005	31	45	0	0	0	175	0	0	0	45	50	34
2006	119	131	156	75	53	0	0	0	0	0	12	63
2007	43	55	70	40	20	50	0	20	0	10	52	98
2008	112	26	139	12	35	30	0	0	0	52	56	92
2009	60	53	110	35	75	23	0	0	11	11	55	30
2010	55	58	105	35	40	40	16	41	50	90	40	14
2011	0	85	100	30	41	1	0	0	0	0	85	52
2012	42	24	21	63	61	17	0	0	0	22	18	42
2013	49	43	42	42	16	13	8	0	0	3	55	41
2014	44	35	28	28	4	0	0	0	0	0	79	60

3. Stasiun Pule Kidul

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	75	85	45	64	140	12	0	0	30	50	55	50
2004	80	97	114	116	31	42	0	0	0	12	69	56
2005	40	69	66	50	46	94	31	8	4	40	71	57
2006	96	94	66	66	50	0	0	0	0	0	0	106
2007	20	100	66	54	15	30	0	15	0	40	85	48
2008	40	42	110	43	16	15	0	15	0	18	38	68
2009	40	85	50	58	110	20	0	0	20	12	97	54
2010	54	54	130	72	164	36	20	42	84	50	97	95
2011	65	90	149	65	57	10	0	0	0	25	44	86
2012	51	67	80	54	45	0	0	0	0	30	30	105
2013	75	85	45	64	130	12	0	0	30	50	55	50
2014	80	97	114	125	31	42	0	0	0	12	69	56

4. Stasiun Bluluk

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	94	133	42	84	85	0	0	0	20	79	67	38
2004	63	36	64	30	49	0	2	0	0	0	49	57
2005	28	97	36	44	0	0	0	0	3	7	0	0
2006	0	77	42	36	48	14	0	0	0	0	31	46
2007	16	43	45	39	16	11	0	12	0	0	34	52
2008	48	46	39	41	13	47	0	22	7	116	43	64
2009	49	48	48	18	39	27	19	0	0	0	46	61
2010	44	54	47	52	99	87	27	96	46	105	77	62
2011	64	67	83	41	48	47	16	0	67	0	73	92
2012	44	92	38	92	42	39	0	0	0	46	60	47
2013	59	86	87	56	46	48	0	0	0	54	56	96
2014	48	66	137	53	0	0	0	0	0	48	32	127

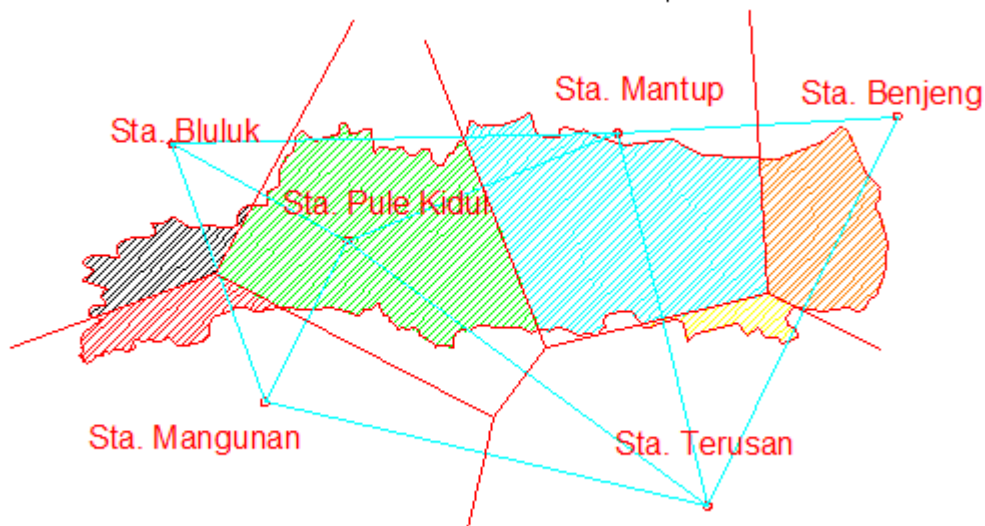
5. Stasiun Terusan

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	64	95	42	0	98	0	0	0	0	0	88	39
2004	68	64	114	130	35	0	0	0	0	0	35	47
2005	88	49	53	55	0	0	0	0	0	0	84	84
2006	43	70	81	76	42	25	0	0	0	0	0	51
2007	53	47	52	89	15	20	0	0	0	0	50	87
2008	42	60	108	47	0	0	0	0	0	0	30	80
2009	67	86	136	64	73	23	0	0	0	0	83	117
2010	81	99	39	58	30	16	70	44	25	27	50	30
2011	80	40	60	101	98	64	0	0	0	0	50	65
2012	67	37	20	30	27	0	0	0	0	0	60	90
2013	75	27	40	57	20	30	21	0	0	0	30	57
2014	90	35	48	21	4	10	0	0	0	0	0	30

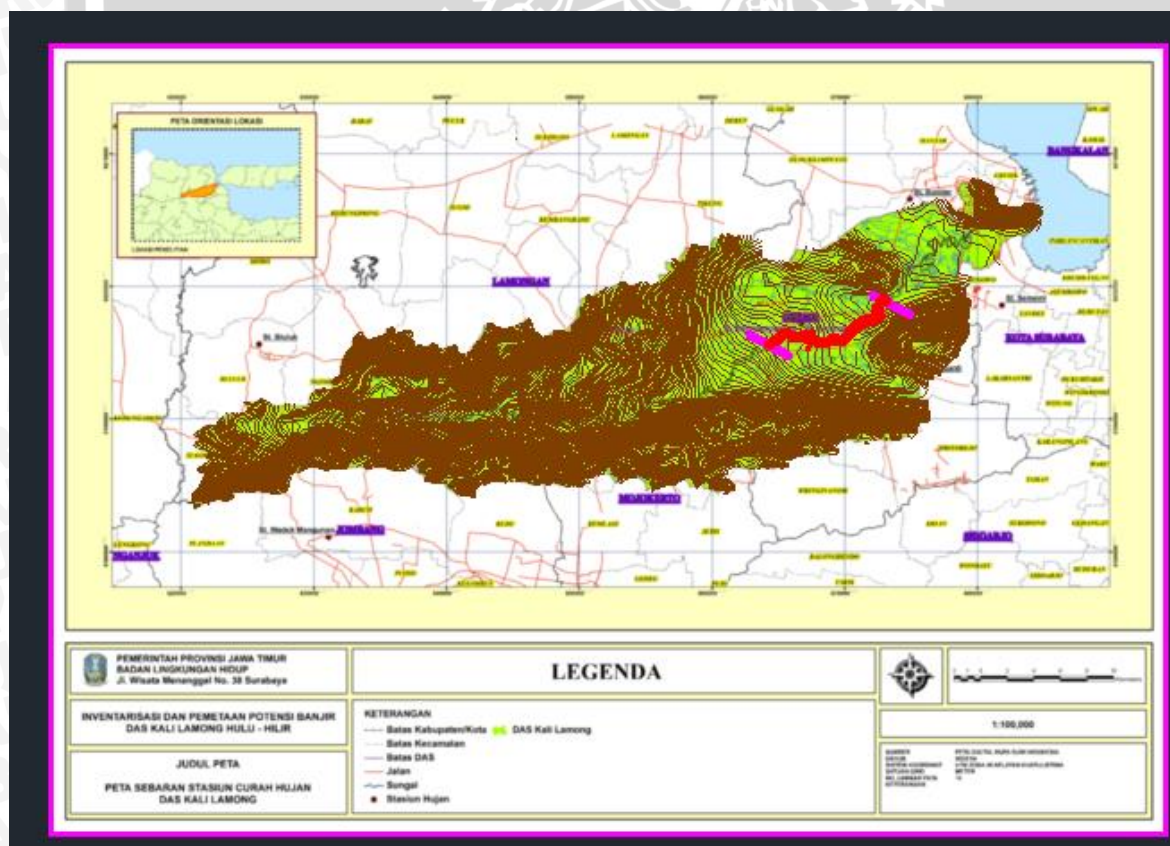
6. Stasiun Mangunan

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nop	Des
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	85
2004	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2005	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2006	49	71	62	75	37	37	0	27	78	76	63	79
2007	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2008	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2009	73	57	103	67	84	0	0	0	0	97	41	77
2010	60	105	160	60	60	41	23	8	0	0	125	68
2011	65	64	57	125	60	0	0	0	0	0	93	77
2012	65	64	57	125	60	0	0	0	0	0	93	77
2013	102	15	91	94	35	48	50	0	0	0	49	51
2014	103	51	53	73	13	9	0	0	0	0	45	73

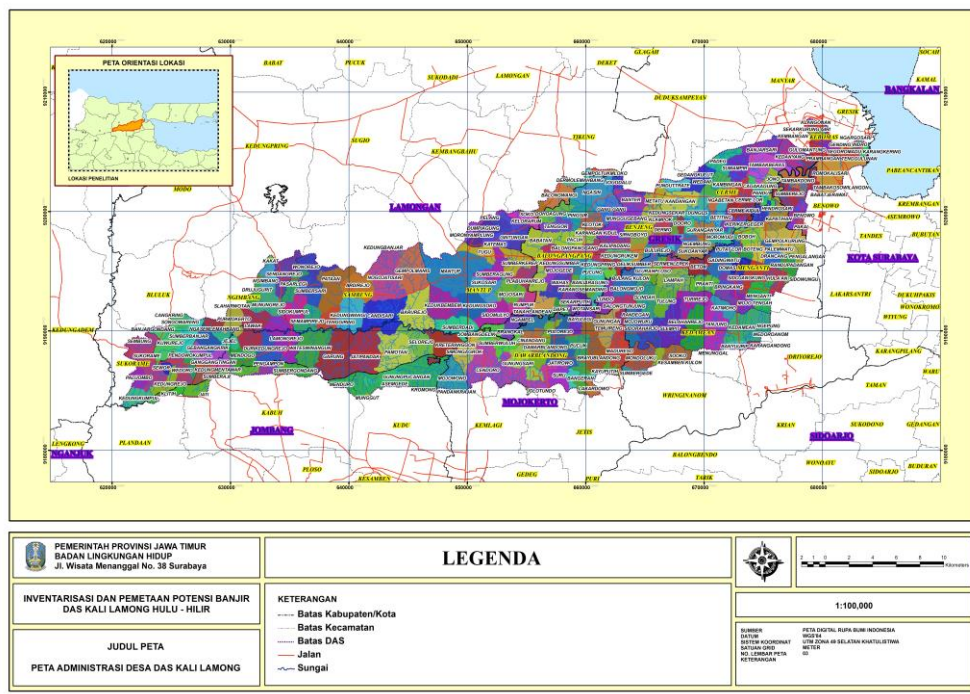
Lampiran 2 : Poligon *Thiessen*



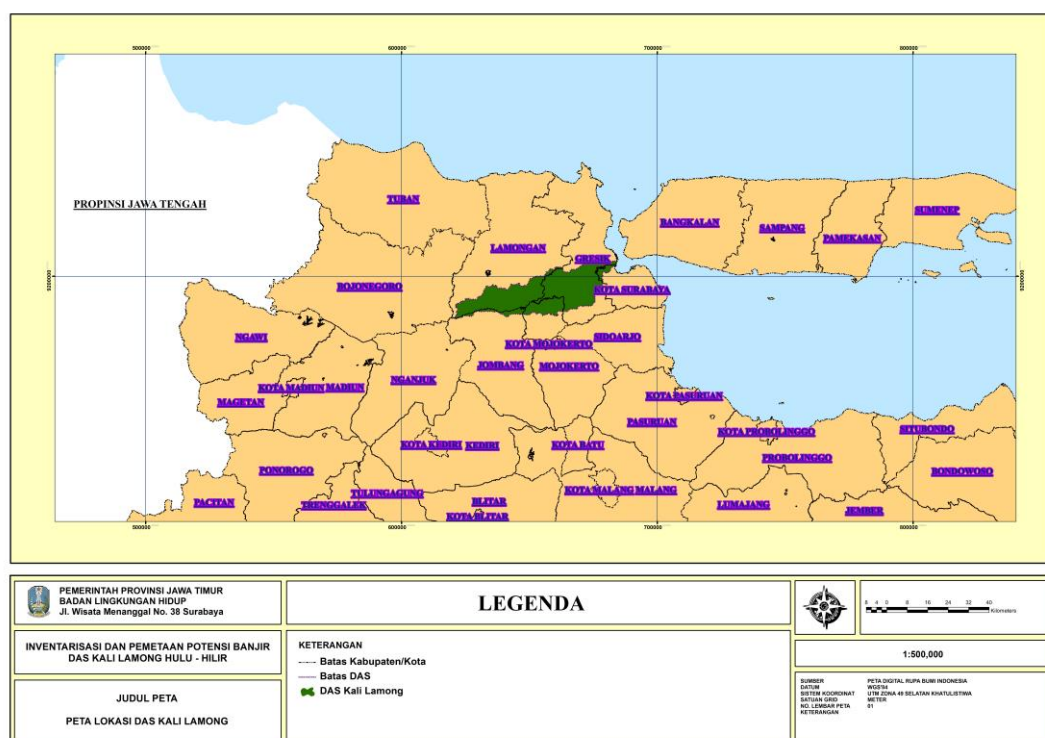
Lampiran 3 : Peta Kontur



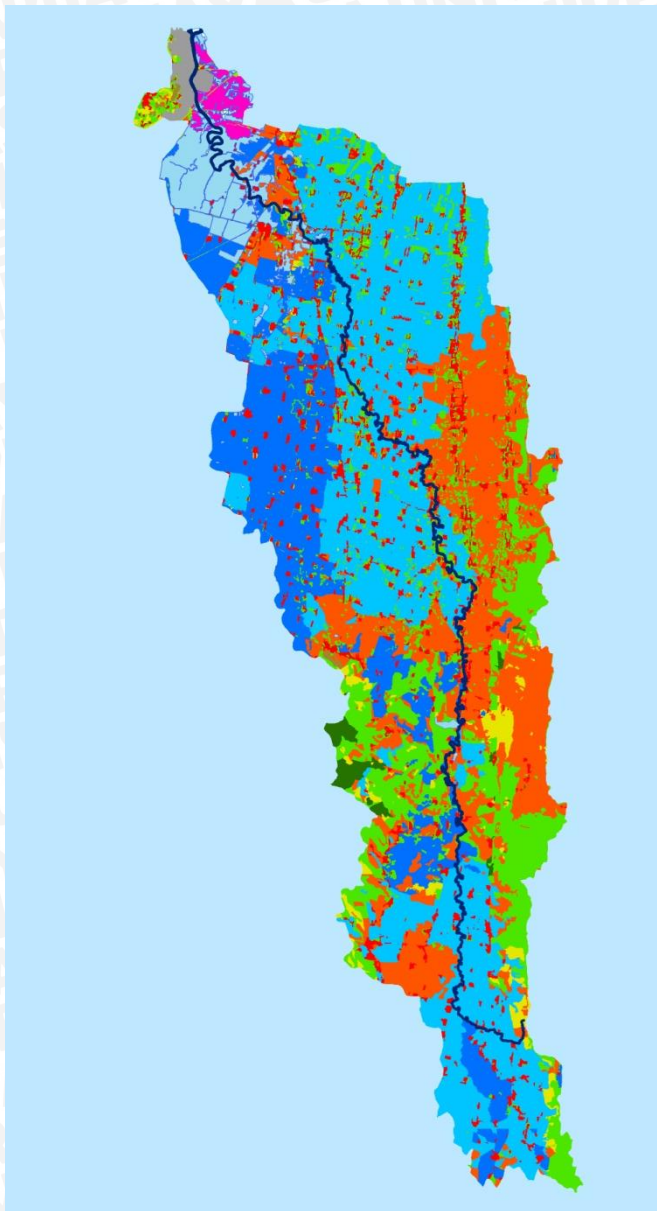
Lampiran 4 : Peta Sub Das Administrasi Desa



Lampiran 5 : Peta Lokasi Das Kali lamong



Lampiran 6 : Peta Tata Guna Lahan



Lampiran 7 Tabel Hidrograf Banjir Rencana

Kala Ulang 5

t (jam)	Q	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m ³ /dt)
		38.499	24.253	18.508	15.278	
0	0.000	0	0	0	0	0
1	0.014	0.524	0	0	0	0.524
2	0.072	2.763	0.330	0	0	3.093
3	0.190	7.313	1.741	0.252	0	9.305
4	0.379	14.586	4.607	1.329	0.208	20.728
5	0.647	24.918	9.188	3.516	1.097	38.718
6	1.003	38.596	15.697	7.012	2.902	64.207
7	1.451	55.874	24.314	11.979	5.788	97.956
8	2.000	76.983	35.199	18.555	9.889	140.625
9	2.653	102.131	48.496	26.862	15.317	192.806
10	3.416	131.516	64.339	37.009	22.174	255.038
11	3.465	133.403	82.850	49.100	30.551	295.903
12	3.167	121.909	84.039	63.226	40.531	309.704
13	2.877	110.778	76.798	64.133	52.192	303.901
14	2.615	100.663	69.785	58.608	52.941	281.997
15	2.376	91.471	63.414	53.256	48.380	256.521
16	2.159	83.119	57.623	48.394	43.962	233.098
17	1.962	75.530	52.362	43.975	39.948	211.815
18	1.783	68.633	47.581	39.960	36.300	192.474
19	1.620	62.367	43.236	36.311	32.986	174.900
20	1.472	56.672	39.288	32.995	29.974	158.930
21	1.338	51.497	35.701	29.983	27.237	144.418
22	1.215	46.795	32.441	27.245	24.750	131.232
23	1.105	42.522	29.479	24.757	22.490	119.249
24	1.039	40.018	26.787	22.497	20.437	109.739
25	1.015	39.094	25.210	20.443	18.571	103.317
26	0.953	36.677	24.628	19.239	16.875	97.418
27	0.894	34.409	23.105	18.795	15.881	92.189
28	0.838	32.281	21.676	17.632	15.515	87.104
29	0.787	30.285	20.336	16.542	14.555	81.718
30	0.738	28.412	19.078	15.519	13.655	76.664
31	0.692	26.655	17.898	14.559	12.811	71.924
32	0.650	25.007	16.792	13.659	12.019	67.476
33	0.609	23.460	15.753	12.814	11.275	63.303
34	0.572	22.010	14.779	12.022	10.578	59.389
35	0.536	20.649	13.865	11.279	9.924	55.716

36	0.503	19.372	13.008	10.581	9.310	52.271
37	0.472	18.174	12.203	9.927	8.735	49.039
38	0.443	17.050	11.449	9.313	8.194	46.006
39	0.415	15.996	10.741	8.737	7.688	43.161
40	0.390	15.007	10.077	8.197	7.212	40.492
41	0.366	14.079	9.454	7.690	6.766	37.988
42	0.343	13.208	8.869	7.214	6.348	35.639
43	0.322	12.391	8.320	6.768	5.955	33.435
44	0.312	12.006	7.806	6.350	5.587	31.749
45	0.304	11.719	7.563	5.957	5.242	30.481
46	0.290	11.171	7.383	5.772	4.917	29.243
47	0.277	10.649	7.037	5.634	4.764	28.085
48	0.264	10.151	6.708	5.371	4.651	26.881
49	0.251	9.677	6.395	5.119	4.433	25.624
50	0.240	9.224	6.096	4.880	4.226	24.426
51	0.228	8.793	5.811	4.652	4.028	23.285
52	0.218	8.382	5.539	4.435	3.840	22.196
53	0.208	7.990	5.280	4.227	3.661	21.158
54	0.198	7.617	5.034	4.030	3.490	20.169
55	0.189	7.261	4.798	3.841	3.326	19.227
56	0.180	6.921	4.574	3.662	3.171	18.328
57	0.171	6.598	4.360	3.491	3.023	17.471
58	0.163	6.289	4.156	3.327	2.881	16.654
59	0.156	5.995	3.962	3.172	2.747	15.876
60	0.148	5.715	3.777	3.024	2.618	15.134
61	0.142	5.448	3.600	2.882	2.496	14.426
62	0.135	5.193	3.432	2.747	2.379	13.752
63	0.129	4.950	3.271	2.619	2.268	13.109
64	0.123	4.719	3.119	2.497	2.162	12.496
65	0.117	4.498	2.973	2.380	2.061	11.912
66	0.111	4.288	2.834	2.269	1.965	11.355
67	0.106	4.088	2.701	2.163	1.873	10.824
68	0.101	3.897	2.575	2.062	1.785	10.318
69	0.096	3.714	2.455	1.965	1.702	9.836
70	0.092	3.541	2.340	1.873	1.622	9.376
71	0.088	3.375	2.231	1.786	1.546	8.938
72	0.084	3.217	2.126	1.702	1.474	8.520
73	0.080	3.067	2.027	1.623	1.405	8.122
74	0.076	2.924	1.932	1.547	1.339	7.742
75	0.072	2.787	1.842	1.474	1.277	7.380
76	0.069	2.657	1.756	1.406	1.217	7.035
77	0.066	2.533	1.674	1.340	1.160	6.706

78	0.063	2.414	1.595	1.277	1.106	6.393
79	0.060	2.301	1.521	1.218	1.054	6.094
80	0.057	2.194	1.450	1.161	1.005	5.809
81	0.054	2.091	1.382	1.106	0.958	5.538
82	0.052	1.993	1.317	1.055	0.913	5.279
83	0.049	1.900	1.256	1.005	0.871	5.032
84	0.047	1.811	1.197	0.958	0.830	4.797
85	0.045	1.727	1.141	0.914	0.791	4.572
86	0.043	1.646	1.088	0.871	0.754	4.359
87	0.041	1.569	1.037	0.830	0.719	4.155
88	0.039	1.496	0.988	0.791	0.685	3.961
89	0.037	1.426	0.942	0.754	0.653	3.776
90	0.035	1.359	0.898	0.719	0.623	3.599
91	0.034	1.296	0.856	0.685	0.594	3.431
92	0.032	1.235	0.816	0.653	0.566	3.270
93	0.031	1.177	0.778	0.623	0.539	3.118
94	0.029	1.122	0.742	0.594	0.514	2.972
95	0.028	1.070	0.707	0.566	0.490	2.833
96	0.026	1.020	0.674	0.540	0.467	2.700
97	0.025	0.972	0.642	0.514	0.445	2.574
98	0.024	0.927	0.612	0.490	0.425	2.454
99	0.023	0.883	0.584	0.467	0.405	2.339
100	0.022	0.842	0.556	0.446	0.386	2.230

Kala Ulang 10 tahun

t (jam)	Q	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m ³ /dt)
		40.139	25.286	19.297	15.929	
0	0.000	0	0	0	0	0
1	0.014	0.546	0	0	0	0.546
2	0.072	2.881	0.344	0	0	3.225
3	0.190	7.624	1.815	0.262	0	9.702
4	0.379	15.207	4.803	1.385	0.217	21.612
5	0.647	25.979	9.580	3.665	1.143	40.368
6	1.003	40.240	16.366	7.311	3.026	66.943
7	1.451	58.255	25.350	12.490	6.035	102.129
8	2.000	80.263	36.698	19.346	10.310	146.617
9	2.653	106.483	50.562	28.006	15.969	201.021
10	3.416	137.119	67.080	38.586	23.119	265.904
11	3.465	139.087	86.380	51.192	31.852	308.511
12	3.167	127.103	87.619	65.920	42.258	322.900

13	2.877	115.498	80.070	66.866	54.416	316.849
14	2.615	104.952	72.759	61.105	55.197	294.012
15	2.376	95.369	66.115	55.525	50.441	267.451
16	2.159	86.661	60.079	50.456	45.835	243.030
17	1.962	78.748	54.593	45.849	41.650	220.840
18	1.783	71.558	49.608	41.662	37.847	200.675
19	1.620	65.024	45.078	37.858	34.391	182.352
20	1.472	59.087	40.962	34.401	31.251	165.702
21	1.338	53.692	37.222	31.260	28.398	150.572
22	1.215	48.789	33.824	28.406	25.805	136.823
23	1.105	44.334	30.735	25.812	23.449	124.330
24	1.039	41.723	27.929	23.455	21.308	114.415
25	1.015	40.760	26.284	21.314	19.362	107.720
26	0.953	38.240	25.677	20.058	17.594	101.569
27	0.894	35.875	24.089	19.595	16.558	96.117
28	0.838	33.656	22.600	18.384	16.176	90.815
29	0.787	31.575	21.202	17.247	15.175	85.200
30	0.738	29.623	19.891	16.180	14.237	79.931
31	0.692	27.791	18.661	15.180	13.357	74.988
32	0.650	26.072	17.507	14.241	12.531	70.351
33	0.609	24.460	16.424	13.360	11.756	66.001
34	0.572	22.947	15.409	12.534	11.029	61.919
35	0.536	21.528	14.456	11.759	10.347	58.090
36	0.503	20.197	13.562	11.032	9.707	54.498
37	0.472	18.948	12.723	10.350	9.107	51.128
38	0.443	17.776	11.937	9.710	8.544	47.966
39	0.415	16.677	11.198	9.109	8.015	45.000
40	0.390	15.646	10.506	8.546	7.520	42.218
41	0.366	14.678	9.856	8.018	7.055	39.607
42	0.343	13.771	9.247	7.522	6.618	37.158
43	0.322	12.919	8.675	7.057	6.209	34.860
44	0.312	12.517	8.139	6.620	5.825	33.101
45	0.304	12.218	7.885	6.211	5.465	31.780
46	0.290	11.647	7.697	6.018	5.127	30.489
47	0.277	11.103	7.337	5.874	4.968	29.281
48	0.264	10.584	6.994	5.599	4.849	28.026
49	0.251	10.089	6.667	5.338	4.622	26.716
50	0.240	9.617	6.356	5.088	4.406	25.467
51	0.228	9.168	6.059	4.850	4.200	24.277
52	0.218	8.739	5.775	4.624	4.004	23.142
53	0.208	8.331	5.505	4.407	3.817	22.060
54	0.198	7.941	5.248	4.201	3.638	21.029

55	0.189	7.570	5.003	4.005	3.468	20.046
56	0.180	7.216	4.769	3.818	3.306	19.109
57	0.171	6.879	4.546	3.639	3.151	18.215
58	0.163	6.557	4.333	3.469	3.004	17.364
59	0.156	6.251	4.131	3.307	2.864	16.552
60	0.148	5.959	3.938	3.152	2.730	15.778
61	0.142	5.680	3.754	3.005	2.602	15.041
62	0.135	5.414	3.578	2.865	2.481	14.338
63	0.129	5.161	3.411	2.731	2.365	13.667
64	0.123	4.920	3.251	2.603	2.254	13.029
65	0.117	4.690	3.099	2.481	2.149	12.420
66	0.111	4.471	2.955	2.365	2.048	11.839
67	0.106	4.262	2.816	2.255	1.953	11.286
68	0.101	4.063	2.685	2.149	1.861	10.758
69	0.096	3.873	2.559	2.049	1.774	10.255
70	0.092	3.692	2.440	1.953	1.691	9.776
71	0.088	3.519	2.326	1.862	1.612	9.319
72	0.084	3.355	2.217	1.775	1.537	8.883
73	0.080	3.198	2.113	1.692	1.465	8.468
74	0.076	3.048	2.014	1.613	1.397	8.072
75	0.072	2.906	1.920	1.537	1.331	7.695
76	0.069	2.770	1.831	1.465	1.269	7.335
77	0.066	2.640	1.745	1.397	1.210	6.992
78	0.063	2.517	1.663	1.332	1.153	6.665
79	0.060	2.399	1.586	1.269	1.099	6.354
80	0.057	2.287	1.512	1.210	1.048	6.057
81	0.054	2.180	1.441	1.153	0.999	5.773
82	0.052	2.078	1.373	1.100	0.952	5.504
83	0.049	1.981	1.309	1.048	0.908	5.246
84	0.047	1.889	1.248	0.999	0.865	5.001
85	0.045	1.800	1.190	0.952	0.825	4.767
86	0.043	1.716	1.134	0.908	0.786	4.544
87	0.041	1.636	1.081	0.865	0.749	4.332
88	0.039	1.559	1.031	0.825	0.714	4.129
89	0.037	1.487	0.982	0.786	0.681	3.936
90	0.035	1.417	0.936	0.750	0.649	3.752
91	0.034	1.351	0.893	0.715	0.619	3.577
92	0.032	1.288	0.851	0.681	0.590	3.410
93	0.031	1.227	0.811	0.649	0.562	3.250
94	0.029	1.170	0.773	0.619	0.536	3.098
95	0.028	1.115	0.737	0.590	0.511	2.954
96	0.026	1.063	0.703	0.563	0.487	2.816

97	0.025	1.014	0.670	0.536	0.464	2.684
98	0.024	0.966	0.638	0.511	0.443	2.558
99	0.023	0.921	0.609	0.487	0.422	2.439
100	0.022	0.878	0.580	0.464	0.402	2.325

Kala Ulang 25 tahun

t (jam)	Q	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m ³ /dt)
		41.707	26.274	20.051	16.551	
0	0.000	0	0	0	0	0.000
1	0.014	0.567	0	0	0	0.567
2	0.072	2.994	0.357	0	0	3.351
3	0.190	7.922	1.886	0.273	0	10.081
4	0.379	15.801	4.990	1.439	0.225	22.456
5	0.647	26.994	9.954	3.808	1.188	41.944
6	1.003	41.812	17.005	7.596	3.144	69.557
7	1.451	60.530	26.340	12.977	6.271	106.118
8	2.000	83.398	38.132	20.101	10.713	152.343
9	2.653	110.642	52.537	29.100	16.593	208.873
10	3.416	142.475	69.700	40.093	24.022	276.290
11	3.465	144.519	89.754	53.191	33.096	320.561
12	3.167	132.068	91.042	68.495	43.908	335.512
13	2.877	120.009	83.197	69.478	56.541	329.225
14	2.615	109.051	75.601	63.491	57.353	305.496
15	2.376	99.094	68.698	57.694	52.411	277.897
16	2.159	90.046	62.425	52.426	47.625	252.523
17	1.962	81.824	56.725	47.639	43.277	229.465
18	1.783	74.353	51.546	43.289	39.325	208.513
19	1.620	67.564	46.839	39.337	35.735	189.474
20	1.472	61.394	42.562	35.745	32.472	172.174
21	1.338	55.789	38.676	32.481	29.507	156.453
22	1.215	50.695	35.145	29.515	26.813	142.167
23	1.105	46.066	31.936	26.820	24.364	129.186
24	1.039	43.353	29.020	24.371	22.140	118.884
25	1.015	42.352	27.310	22.146	20.118	111.927
26	0.953	39.733	26.680	20.842	18.281	105.536
27	0.894	37.276	25.030	20.361	17.205	99.872
28	0.838	34.971	23.482	19.102	16.807	94.363
29	0.787	32.808	22.030	17.920	15.768	88.527
30	0.738	30.780	20.668	16.812	14.793	83.053
31	0.692	28.876	19.390	15.773	13.878	77.917
32	0.650	27.091	18.191	14.797	13.020	73.099

33	0.609	25.415	17.066	13.882	12.215	68.579
34	0.572	23.844	16.011	13.024	11.460	64.338
35	0.536	22.369	15.021	12.218	10.751	60.359
36	0.503	20.986	14.092	11.463	10.086	56.627
37	0.472	19.688	13.220	10.754	9.462	53.125
38	0.443	18.471	12.403	10.089	8.877	49.840
39	0.415	17.329	11.636	9.465	8.328	46.758
40	0.390	16.257	10.916	8.880	7.813	43.866
41	0.366	15.252	10.241	8.331	7.330	41.154
42	0.343	14.309	9.608	7.816	6.877	38.609
43	0.322	13.424	9.014	7.332	6.452	36.221
44	0.312	13.006	8.456	6.879	6.053	34.394
45	0.304	12.696	8.193	6.453	5.678	33.021
46	0.290	12.102	7.998	6.253	5.327	31.680
47	0.277	11.536	7.624	6.103	5.162	30.425
48	0.264	10.997	7.267	5.818	5.038	29.121
49	0.251	10.483	6.928	5.546	4.803	27.760
50	0.240	9.993	6.604	5.287	4.578	26.462
51	0.228	9.526	6.295	5.040	4.364	25.225
52	0.218	9.081	6.001	4.804	4.160	24.046
53	0.208	8.656	5.720	4.580	3.966	22.922
54	0.198	8.251	5.453	4.365	3.780	21.850
55	0.189	7.866	5.198	4.161	3.604	20.829
56	0.180	7.498	4.955	3.967	3.435	19.855
57	0.171	7.147	4.723	3.781	3.275	18.927
58	0.163	6.813	4.503	3.605	3.121	18.042
59	0.156	6.495	4.292	3.436	2.976	17.199
60	0.148	6.191	4.091	3.276	2.836	16.395
61	0.142	5.902	3.900	3.122	2.704	15.628
62	0.135	5.626	3.718	2.976	2.577	14.898
63	0.129	5.363	3.544	2.837	2.457	14.201
64	0.123	5.112	3.378	2.705	2.342	13.537
65	0.117	4.873	3.221	2.578	2.233	12.905
66	0.111	4.645	3.070	2.458	2.128	12.301
67	0.106	4.428	2.926	2.343	2.029	11.726
68	0.101	4.221	2.790	2.233	1.934	11.178
69	0.096	4.024	2.659	2.129	1.844	10.656
70	0.092	3.836	2.535	2.029	1.757	10.158
71	0.088	3.657	2.416	1.935	1.675	9.683
72	0.084	3.486	2.303	1.844	1.597	9.230
73	0.080	3.323	2.196	1.758	1.522	8.799
74	0.076	3.167	2.093	1.676	1.451	8.387

75	0.072	3.019	1.995	1.597	1.383	7.995
76	0.069	2.878	1.902	1.523	1.319	7.621
77	0.066	2.744	1.813	1.452	1.257	7.265
78	0.063	2.615	1.728	1.384	1.198	6.926
79	0.060	2.493	1.648	1.319	1.142	6.602
80	0.057	2.377	1.571	1.257	1.089	6.293
81	0.054	2.265	1.497	1.199	1.038	5.999
82	0.052	2.160	1.427	1.143	0.989	5.719
83	0.049	2.059	1.360	1.089	0.943	5.451
84	0.047	1.962	1.297	1.038	0.899	5.196
85	0.045	1.871	1.236	0.990	0.857	4.953
86	0.043	1.783	1.178	0.943	0.817	4.722
87	0.041	1.700	1.123	0.899	0.779	4.501
88	0.039	1.620	1.071	0.857	0.742	4.291
89	0.037	1.545	1.021	0.817	0.708	4.090
90	0.035	1.472	0.973	0.779	0.675	3.899
91	0.034	1.404	0.928	0.743	0.643	3.717
92	0.032	1.338	0.884	0.708	0.613	3.543
93	0.031	1.275	0.843	0.675	0.584	3.377
94	0.029	1.216	0.803	0.643	0.557	3.219
95	0.028	1.159	0.766	0.613	0.531	3.069
96	0.026	1.105	0.730	0.584	0.506	2.926
97	0.025	1.053	0.696	0.557	0.482	2.789
98	0.024	1.004	0.663	0.531	0.460	2.658
99	0.023	0.957	0.632	0.506	0.438	2.534
100	0.022	0.912	0.603	0.483	0.418	2.416

Kala Ulang 50 tahun

t (jam)	Q	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m ³ /dt)
		42.619	26.849	20.489	16.914	
0	0.000	0	0	0	0	0
1	0.014	0.580	0	0	0	0.580
2	0.072	3.059	0.365	0	0	3.424
3	0.190	8.095	1.927	0.279	0	10.301
4	0.379	16.147	5.100	1.471	0.230	22.947
5	0.647	27.585	10.172	3.892	1.214	42.862
6	1.003	42.727	17.377	7.762	3.213	71.079
7	1.451	61.855	26.916	13.261	6.408	108.440
8	2.000	85.222	38.966	20.541	10.947	155.676
9	2.653	113.063	53.687	29.737	16.956	213.442

10	3.416	145.592	71.225	40.971	24.547	282.335
11	3.465	147.681	91.717	54.355	33.821	327.574
12	3.167	134.957	93.033	69.993	44.869	342.853
13	2.877	122.634	85.018	70.998	57.778	336.428
14	2.615	111.437	77.255	64.881	58.607	312.179
15	2.376	101.262	70.201	58.956	53.558	283.976
16	2.159	92.016	63.791	53.573	48.667	258.047
17	1.962	83.614	57.966	48.682	44.224	234.485
18	1.783	75.979	52.673	44.237	40.186	213.075
19	1.620	69.042	47.864	40.197	36.516	193.619
20	1.472	62.738	43.494	36.527	33.182	175.940
21	1.338	57.009	39.522	33.192	30.152	159.876
22	1.215	51.804	35.914	30.161	27.399	145.278
23	1.105	47.074	32.634	27.407	24.897	132.013
24	1.039	44.301	29.655	24.905	22.624	121.484
25	1.015	43.279	27.908	22.631	20.558	114.376
26	0.953	40.602	27.264	21.298	18.681	107.845
27	0.894	38.092	25.578	20.806	17.581	102.057
28	0.838	35.736	23.996	19.520	17.175	96.427
29	0.787	33.526	22.512	18.313	16.113	90.464
30	0.738	31.453	21.120	17.180	15.117	84.870
31	0.692	29.508	19.814	16.118	14.182	79.622
32	0.650	27.683	18.589	15.121	13.305	74.698
33	0.609	25.971	17.439	14.186	12.482	70.079
34	0.572	24.365	16.361	13.309	11.710	65.745
35	0.536	22.859	15.349	12.486	10.986	61.680
36	0.503	21.445	14.400	11.714	10.307	57.866
37	0.472	20.119	13.510	10.989	9.669	54.287
38	0.443	18.875	12.674	10.310	9.071	50.930
39	0.415	17.708	11.890	9.672	8.511	47.781
40	0.390	16.613	11.155	9.074	7.984	44.826
41	0.366	15.585	10.465	8.513	7.491	42.054
42	0.343	14.622	9.818	7.987	7.027	39.454
43	0.322	13.717	9.211	7.493	6.593	37.014
44	0.312	13.291	8.641	7.029	6.185	35.147
45	0.304	12.973	8.373	6.595	5.803	33.743
46	0.290	12.367	8.173	6.390	5.444	32.373
47	0.277	11.789	7.791	6.237	5.274	31.091
48	0.264	11.238	7.426	5.945	5.148	29.758
49	0.251	10.712	7.079	5.667	4.908	28.367
50	0.240	10.212	6.748	5.403	4.678	27.041
51	0.228	9.734	6.433	5.150	4.460	25.777

52	0.218	9.279	6.132	4.909	4.251	24.572
53	0.208	8.845	5.846	4.680	4.052	23.423
54	0.198	8.432	5.572	4.461	3.863	22.328
55	0.189	8.038	5.312	4.252	3.682	21.284
56	0.180	7.662	5.063	4.054	3.510	20.289
57	0.171	7.304	4.827	3.864	3.346	19.341
58	0.163	6.962	4.601	3.684	3.190	18.437
59	0.156	6.637	4.386	3.511	3.041	17.575
60	0.148	6.327	4.181	3.347	2.899	16.753
61	0.142	6.031	3.986	3.191	2.763	15.970
62	0.135	5.749	3.799	3.042	2.634	15.224
63	0.129	5.480	3.622	2.899	2.511	14.512
64	0.123	5.224	3.452	2.764	2.393	13.834
65	0.117	4.980	3.291	2.635	2.281	13.187
66	0.111	4.747	3.137	2.511	2.175	12.571
67	0.106	4.525	2.990	2.394	2.073	11.983
68	0.101	4.314	2.851	2.282	1.976	11.423
69	0.096	4.112	2.717	2.175	1.884	10.889
70	0.092	3.920	2.590	2.074	1.796	10.380
71	0.088	3.737	2.469	1.977	1.712	9.895
72	0.084	3.562	2.354	1.884	1.632	9.432
73	0.080	3.395	2.244	1.796	1.556	8.991
74	0.076	3.237	2.139	1.712	1.483	8.571
75	0.072	3.085	2.039	1.632	1.414	8.170
76	0.069	2.941	1.944	1.556	1.347	7.788
77	0.066	2.804	1.853	1.483	1.284	7.424
78	0.063	2.673	1.766	1.414	1.224	7.077
79	0.060	2.548	1.684	1.348	1.167	6.746
80	0.057	2.429	1.605	1.285	1.113	6.431
81	0.054	2.315	1.530	1.225	1.061	6.130
82	0.052	2.207	1.458	1.168	1.011	5.844
83	0.049	2.104	1.390	1.113	0.964	5.570
84	0.047	2.005	1.325	1.061	0.919	5.310
85	0.045	1.912	1.263	1.011	0.876	5.062
86	0.043	1.822	1.204	0.964	0.835	4.825
87	0.041	1.737	1.148	0.919	0.796	4.600
88	0.039	1.656	1.094	0.876	0.759	4.385
89	0.037	1.578	1.043	0.835	0.723	4.180
90	0.035	1.505	0.994	0.796	0.689	3.984
91	0.034	1.434	0.948	0.759	0.657	3.798
92	0.032	1.367	0.904	0.723	0.626	3.621
93	0.031	1.303	0.861	0.690	0.597	3.451

94	0.029	1.242	0.821	0.657	0.569	3.290
95	0.028	1.184	0.783	0.627	0.543	3.136
96	0.026	1.129	0.746	0.597	0.517	2.990
97	0.025	1.076	0.711	0.569	0.493	2.850
98	0.024	1.026	0.678	0.543	0.470	2.717
99	0.023	0.978	0.646	0.517	0.448	2.590
100	0.022	0.932	0.616	0.493	0.427	2.469

