

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	21 Februari 2007
NO. JUDUL :	002232
NO. INV. :	5120002232001
NO. STAMP :	

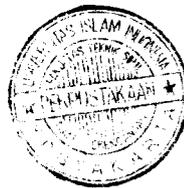
TUGAS AKHIR

## KAJIAN TINGGI GENANGAN BANJIR SUNGAI CODE, DI DAERAH PERKOTAAN

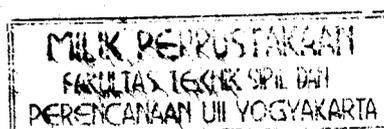
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



ANTON PRASETYA  
02.511.009



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2006



**TUGAS AKHIR**  
**KAJIAN TINGGI GENANGAN BANJIR**  
**SUNGAI CODE, DI DAERAH PERKOTAAN**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil

Disusun Oleh :

**ANTON PRASETYA**  
**02.511.009**

Disetujui :  
Pembimbing :



**Ir. Bambang Sulistiono, MSCE**

Tanggal : **9/12 - 2006**

## KATA PENGANTAR



Puji syukur alhamdulillahirobbil'alamin berkat rahmat dan hidayah dari Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir periode III dengan judul skripsi “Kajian Tinggi Genangan Banjir Sungai Code di Daerah Perkotaan” , sebagai salah satu persyaratan kelulusan untuk mencapai gelar sarjana S1–Teknik Sipil pada program studi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tentu saja penulis tidak dapat bekerja sendiri, banyak sekali pihak – pihak yang sangat berperan yang memberikan bantuannya sehingga penelitian Tugas Akhir Kajian Tinggi Genangan Banjir Sungai Code di Daerah Perkotaan dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini, penulis berusaha menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Edi Suandi Hamid, M.Ec, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, juga selaku Dosen Wali atau Dosen Pembimbing Akademis bagi penulis.
3. Bapak Ir.H. Faizol, AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku dosen pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan Penulis selama melakukan Tugas akhir dan penulisan laporan ini.
5. Bapak Yudi yang telah membantu dalam pengumpulan data lapangan.
6. Seluruh Dosen dan karyawan pengelola kampus Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
7. Bapak Pimpinan dan seluruh staf/karyawan Badan Perencanaan Daerah (BAPEDA), yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan survey penelitian dan pencarian data.
8. Bapak Kepala BPSDA W S, Progo – Opak – Oyo Yogyakarta yang telah memberikan rekomendasi untuk melakukan survey dan pencarian data tentang data curah hujan dan data debit.
9. Bapak, Ibu, dan kakak, yang telah memberikan bantuan dan dorongan baik material, moral maupun spiritual sehingga penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
10. Hamid, Dimas, Soleh, Aji, Yogi, Cholis, Fajar, Deden, Ulung dan rekan – rekan teknik sipil UII angkatan 2002 yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penyusun.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu, yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis yakin bahwa dalam penulisan masih jauh dari sempurna, dengan segala kerendahan hati penulis merasa perlu adanya saran dan kritik membangun untuk bekal di masa yang akan datang. Harapan penulis semoga laporan ini dapat membantu atau memberikan sumbangan pemikiran yang bermanfaat bagi penulis maupun bagi pihak-pihak yang membacanya.

Yogyakarta, September 2006

Penulis,

Anton Prasetya

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xii</b>

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Pokok Permasalahan.....	6
1.3 Rumusan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian .....	7
1.5 Manfaat Peneliti .....	7
1.6 Batasan Masalah.....	7

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

<b>2.1 Siklus Hidrologi .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Hujan .....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Metode Pengukuran Hujan.....	13
2.2.2 Intensitas Hujan.....	15
2.2.3 Hujan Rancangan.....	17
a. Rerata Aljabar .....	18
b. Rerata Thiessen.....	18
c. Rerata Isohyet .....	19
2.2.4 Parameter Statistik.....	20
2.2.5 Penentuan Faktor Frekuensi.....	23

<b>2.3 Banjir Rancangan</b> .....	25
a. Metoda Empirik .....	26
b. Metoda Rasional .....	26
c. Metoda Hidrograf Satuan .....	26
<b>2.4 Penanggulangan Banjir</b> .....	27
<b>2.5 Hidrolika Banjir</b> .....	28
2.5.1 Debit .....	28
2.5.2 Kapasitas Tampang Sungai .....	28
<b>2.6 Penelitian Terdahulu</b> .....	30

### **BAB III. PEIAKSANAAN PENELITIAN**

<b>3.1 Lokasi Penelitian</b> .....	33
<b>3.2 Cara Penelitian</b> .....	33
<b>3.3 Pengambilan Data</b> .....	35
<b>3.4 Persiapan Data</b> .....	35
1. Data Hujan.....	35
2. Hujan Rerata Maksimum Tahunan.....	37
3. Koefisien Aliran.....	37
4. Waktu Konsentrasi .....	38
<b>3.5 Analisis Data</b> .....	39
3.5.1 Hujan Rancangan .....	41
3.5.2 Analisis Intensitas Hujan.....	43
3.5.3 Analisis Banjir Rancangan .....	44
3.5.4 Hidrolika Banjir.....	44
1. Stasiun 1 .....	45
2. Stasiun 2 .....	51
3. Stasiun 3 .....	58
4. Stasiun 4 .....	63
5. Stasiun 5 .....	69

**BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

<b>4.1 Hasil Penelitian .....</b>	<b>76</b>
<b>4.2 Pembahasan .....</b>	<b>86</b>

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>88</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>89</b>

**DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Hidrologi.....	9
Gambar 2.2	Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Rerata Aljabar.....	18
Gambar 2.3	Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Poligon Thiessen.....	19
Gambar 2.4	Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Cara Isohyet.....	20
Gambar 2.5	Kurva Cv dan Cs untuk pemilihan sebaran.....	23
Gambar 3.1	Peta Lokasi penelitian .....	33
Gambar 3.2	Bagan Alir Perhitungan Debit Rancangan.....	34
Gambar 3.3	Peta tata guna lahan DAS Code .....	35
Gambar 3.4	Lokasi Penelitian pada Stasiun 1 .....	44
Gambar 3.5	Potongan melintang sungai Code stasiun 1 .....	46
Gambar 3.6	Grafik Hubungan Q dengan h pada Stasiun 1 .....	51
Gambar 3.7	Lokasi Penelitian pada Stasiun 2.....	52
Gambar 3.8	Potongan melintang sungai Code stasiun 2.....	53
Gambar 3.9	Grafik Hubungan Q dengan h pada Stasiun 2 .....	57
Gambar 3.10	Lokasi Penelitian pada Stasiun 3.....	58
Gambar 3.11	Potongan melintang sungai Code stasiun 3.....	59
Gambar 3.12	Grafik Hubungan Q dengan h pada Stasiun 3 .....	63
Gambar 3.13	Lokasi Penelitian pada Stasiun 4.....	64
Gambar 3.14	Potongan melintang sungai Code stasiun 4.....	65
Gambar 3.15	Grafik Hubungan Q dengan h pada Stasiun 4 .....	69
Gambar 3.16	Lokasi Penelitian pada Stasiun 5.....	70
Gambar 3.17	Potongan melintang sungai Code stasiun 5.....	71
Gambar 3.18	Grafik Hubungan Q dengan h pada Stasiun 5 .....	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Derajat Intensitas Hujan .....	13
Tabel 2.2	Pemilihan Sebaran.....	23
Tabel 2.3	Tabel Nilai Standar Nilai Deviasi.....	24
Tabel 2.5	Manning Roughness Coefficient .....	30
Tabel 3.1	Faktor Pembobot (W) Untuk Setiap Poligon .....	36
Tabel 3.2	Koefisien aliran untuk Metode Rasional .....	37
Tabel 3.3	Koefisien aliran untuk setiap Kala Ulang .....	38
Tabel 3.4	Perhitungan Parameter Statistik Hujan Rancangan .....	40
Tabel 3.5	Pemilihan Sebaran .....	41
Tabel 3.6	Perhitungan Faktor Frekuensi Berdasar Sebaran Log Normal Dua Parameter.....	42
Tabel 3.7	Penentuan Hujan Rancangan Dengan Sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P).....	43
Tabel 3.8	Perhitungan Intensitas Hujan.....	43
Tabel 3.9	Banjir Rancangan Untuk Setiao Kala Ulang T tahun.....	44
Tabel 4.1	Hubungan Antara Debit Banjir Rancangan Dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 1 (satu).....	76
Tabel 4.2	Hubungan Antara Debit Banjir Rancangan Dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 2 (dua) .....	78
Tabel 4.3	Hubungan Antara Debit Banjir Rancangan Dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 3 (tiga) .....	80
Tabel 4.4	Hubungan Antara Debit Banjir Rancangan Dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 4 (empat) .....	82

Tabel 4.5 Hubungan Antara Debit Banjir Rancangan Dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 5 (lima) .....	84
---	----

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran. 1 Lokasi Penelitian
- Lampiran. 2 Peta Topografi dan Tata Guna Lahan DAS Code
- Lampiran. 3.a Gambar Poligon Thyessen Untuk Stasiun Hujan Kemput dan Prumpung
- Lampiran. 3.b Gambar Poligon Thyessen Untuk Stasiun Hujan Kemput, Angin-angin, dan Prumpung
- Lampiran. 3.c Gambar Poligon Thyessen Untuk Stasiun Hujan Kemput dan Prumpung
- Lampiran. 3.d Gambar Poligon Thyessen Untuk Stasiun Hujan Kemput, Angin-angin, Prumpung, dan Beran.
- Lampiran. 3.e Gambar Poligon Thyessen Untuk Stasiun Hujan, Angin-angin, Beran.
- Lampiran. 4 Tabel Nilai Z (Standar Normal Deviate)

## ABSTRAK

Perkembangan dan pembangunan kota-kota di pulau Jawa sangat cepat, akan tetapi pembangunan di kota yang tidak berwawasan lingkungan akan sangat mempengaruhi siklus hidrologi, dan semakin banyak masyarakat yang datang ke kota maka akan semakin banyak pula kebutuhan tempat tinggal yang dibutuhkan, yang akhirnya membangun pemukiman di bantaran sungai merupakan hal yang wajar, dengan adanya fenomena sosial seperti itu maka akan timbul masalah yaitu daerah resapan air hujan akan berkurang akibat banyaknya dibuat daerah kedap air, dan hal tersebut berpengaruh terhadap besarnya banjir yang akan terjadi. Oleh karena itu muncullah sebuah gagasan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui besarnya banjir rancangan yang kemudian digunakan untuk menghitung tinggi muka air banjir yang terjadi pada daerah aliran sungai Code.

Metode yang digunakan dalam menghitung besarnya banjir rancangan adalah metode Rasional. Penelitian yang dilakukan menggunakan kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun. Perhitungan kala ulang hujan berdasarkan ketersediaan data hujan harian rerata polygon Thiessen tahun 1991-2004 pada DAS Code terukur pada Bendung Mergangsan, Propinsi DIY.

Hasil akhir yang ingin dicapai dalam penelitian yang dilakukan adalah didapatkan tinggi permukaan air banjir yang terjadi di sungai Code dengan kala ulang tertentu. Dari analisis yang dilakukan maka didapatkan hasil debit banjir rancangan pada setiap kala ulang berturut-turut adalah 123,22 ; 139,24; 151,29; dan 173,73 m<sup>3</sup>/dtk, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pada stasiun 1 di Kalurahan Terban, stasiun 2 di Ledok Code Kalurahan Kota Baru, stasiun 3 di Juminahan Kalurahan Tegal Panggung, dan stasiun 4 di Purwokinanti Kalurahan Gondomanan dengan banjir rancangan kala ulang 50 tahunan telah membahayakan bagi hunian disekitar sungai, sedangkan pada stasiun 5 di Sayidan Kalurahan Mergangsan hingga kala ulang 500 tahunan masih aman untuk hunian disekitar sungai. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan sebagai masukan bagi perancang dalam mendesain saluran dan sebagai peringatan dini bagi masyarakat bahaya banjir yang akan terjadi pada masa yang akan datang.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia merupakan Negara yang dilewati oleh garis katulistiwa di apit oleh dua benua dan dua samudera. Posisi unik tersebut menjadikan Indonesia sebagai daerah pertemuan sirkulasi meridional (Utara-Selatan) dikenal sebagai sirkulasi Hadley dan sirkulasi zonal (Timur-Barat) dikenal sebagai sirkulasi Walker, dua sirkulasi yang sangat mempengaruhi keragaman iklim Indonesia. Hal lain yang ikut berperan adalah posisi semu matahari, perpindahan dari 23,5° Lintang Utara ke 23,5° Lintang Selatan sepanjang tahun berakibat timbulnya aktivitas musim, juga ikut berperan dalam mempengaruhi keragaman iklim. Indonesia merupakan Negara kepulauan dengan bentuk topografi sangat beragam, menyebabkan sistem golakan lokal cukup dominan dan pengaruhnya terhadap keragaman iklim di Indonesia tidak dapat diabaikan. Indonesia terletak di wilayah kepulauan tropis, terpengaruh oleh sirkulasi antara benua Asia dan Australia serta Samudera Pasifik dan Atlantik. Walaupun berada di wilayah tropis tetapi daratannya tersebar dari dataran rendah hingga pegunungan. Suhu rata-rata tahunan berkurang dari dataran rendah hingga dataran tinggi, suhu rata-rata relatif tinggi di dataran rendah dan suhu rendah di dataran tinggi. Karena letaknya di daerah tropis, maka selisih suhu siang-malam lebih besar dari pada selisih suhu musiman (musim kemarau-musim hujan).

Umumnya di Indonesia musim hujan terjadi antara bulan Oktober hingga April dan musim Kemarau terjadi pada bulan April hingga Oktober. Penerimaan curah hujan bulanan dapat dipisahkan menjadi tiga pola penerimaan hujan yang berbeda (Rini Hidayati, 2001):

- a. Disebagian besar wilayah Indonesia tinggi hujan musim penghujan dan musim kemarau berbeda nyata, pola demikian disebut pola Monsunal.
- b. Sebagian wilayah sekitar ekuator musim kering tidak nyata. Puncak musim hujan terjadi dua kali sekitar bulan Desember pada saat matahari berada paling selatan dan pada bulan Juni saat matahari paling Utara, dan disebut tipe ekuatorial.
- c. Sebagian wilayah bagian utara hujan terjadi pada saat wilayah (a) dan (b) mengalami musim kemarau, dan disebut tipe lokal.

Perkembangan penduduk yang tinggi dengan total penduduk Indonesia yang melebihi 200 juta jiwa, sementara itu pertumbuhan teknologi dan sosial-ekonomi belum menunjukkan perbaikan secara nyata dapat menimbulkan berbagai dampak merugikan bagi penduduk Indonesia sendiri. Seperti kurangnya lahan pemukiman di daerah perkotaan mengakibatkan penduduk menyerbu bantaran-bantaran sungai yang telah diketahui bahwa daerah aliran sungai khususnya pada bagian lembah dikenal sebagai daerah yang subur. Daerah-daerah subur tersebut menjadi daerah tujuan hunian, tidak mustahil daerah-daerah aliran sungai menjadi incaran masyarakat untuk dijadikan sebagai lokasi tempat tinggalnya. Pada masyarakat modern yang mata pencahariannya tidak lagi bergantung pada sektor pertanian, lokasi peletakan tanah yang berdekatan dengan pusat keramaian atau perekonomian selalu diburu. Oleh karena itu pula, bantaran sungai atau tebing-tebing sungai pun diburu orang untuk tempat berhuni. Harga-harga tanah didaerah bantaran sungai secara umum dikenal relatif lebih murah daripada tanah-tanah dilokasi lain. Murahnya harga tanah mungkin diakibatkan status kepemilikan tanahnya sering juga kurang jelas sehingga sering dianggap tanah milik umum. Masyarakat juga tidak risau lagi dengan ancaman banjir dan longsornya bantaran sungai karena dalam anggapan mereka semua itu bisa ditanggulangi dengan talud, tembok, atau jenis pengaman lainnya. Kadang-kadang sebuah rumah didirikan begitu saja di bibir sungai, pemukiman di bantaran sungai apabila tidak ditata sedemikian rupa jelas akan menimbulkan

berbagai persoalan, baik itu soal keindahan, kesehatan lingkungan, maupun keamanannya.

Untuk menjaga kelestarian kawasan yang ada di daerah hulu maupun bangunan-bangunan pengendali sungai harus ditetapkan garis sempadan sungai sehingga usaha-usaha yang merupakan alternatif penanganan sungai dapat menghasilkan perlindungan yang optimal. Kawasan sempadan dan sungai masuk dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No: 63/PRT/1993. Kriteria penetapan garis sempadan sungai terdiri dari:

- a. Sungai bertanggul di luar kawasan perkotaan,
- b. Sungai bertanggul di dalam kawasan perkotaan,
- c. Sungai tidak bertanggul di luar kawasan perkotaan,
- d. Sungai tidak bertanggul di dalam kawasan perkotaan.

Kriteria yang terdapat diatas diharapkan dapat menjadi dasar usaha-usaha yang akan dilakukan pada alur sungai, baik usaha rehabilitasi maupun perencanaan fisik. Untuk itu harus ditetapkan batas yang jelas untuk masing-masing kondisi alur yang ada. Untuk garis sempadan sungai bertanggul ditetapkan sebagai berikut:

- a. Garis sempadan bertanggul di luar kawasan perkotaan ditetapkan sekurang-kurangnya 25 m disebelah luar sepanjang kaki tanggul.
- b. Garis sempadan sungai bertanggul di dalam kawasan perkotaan ditetapkan sekurang-kurangnya 15 m di sebelah luar sepanjang kaki tanggul.

Untuk kondisi sungai tidak bertanggul di luar kawasan perkotaan didasarkan pada kriteria luas daerah aliran sungai (DAS), yaitu 50 m dari tebing sungai.

Secara geografis Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta terletak  $70^{\circ} 30'$  –  $8^{\circ} 15'$  Lintang Selatan dan  $110^{\circ} 00'$  –  $110^{\circ} 52'$  Bujur Timur. Iklim di Daerah Istimewa Yogyakarta, rata-rata curah hujan 2.070 mm pertahun dengan 99 hari hujan, suhu rata-rata  $26,7^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban rata-rata 83,4%. Luas wilayah Propinsi DIY adalah  $3.185,80 \text{ km}^2$ , lebih dari setengah luas wilayahnya merupakan tanah kering, yang

penggunaannya dapat dibedakan atas lahan sawah, lahan kering dan hutan (Kanwil PU DIY, 1992).

Propinsi DIY luas wilayahnya hampir 50% terdapat di Kabupaten Gunung Kidul dengan luas 1.485,35 km<sup>2</sup> dengan kondisi fisik di sebelah selatan merupakan kawasan pegunungan kapur yang merupakan rangkaian pegunungan seribu dengan kondisi tanahnya tandus dan tidak subur serta rawan air pada musim kemarau. Sedangkan kawasan utara Kabupaten Sleman khusus bagian lereng Merapi merupakan hulu sungai-sungai Krasak, Boyong, Code dan Kuning yang merupakan sungai-sungai rawan banjir lahar dingin, dikarenakan aktivitas Gunung Merapi dan curah hujan yang tinggi berpotensi melongsorkan pasir merapi yang turun masuk ke sungai-sungai sehingga membuat kapasitas aliran sungai menjadi kecil. Sementara itu, hujan sendiri menghasilkan luapan air dengan debit yang tinggi. Di kawasan Pegunungan Menoreh di Kulon Progo dan di Gunung Kidul merupakan daerah rawan bencana tanah longsor apabila terjadi curah hujan yang tinggi, karena secara geografis daerah tersebut terletak dalam satu cekungan dan struktur tanahnya berbukit.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik DIY hasil registrasi penduduk triwulan I (pertama) tahun 2006, jumlah penduduk Propinsi DIY sebanyak 3.459.432 jiwa dengan persentase jumlah penduduk yang tinggal di perkotaan adalah sebesar 42,40% dan yang tinggal di pedesaan sebesar 57,60%. Urbanisasi terkonsentrasi di Kotamadya Yogyakarta jumlah penduduk 871.759 jiwa dengan angka pertumbuhan penduduk 0,71% per tahun yang disebabkan mata pencaharian, sosial ekonomi dan adanya perubahan kondisi wilayah karena peningkatan tersedianya fasilitas penunjang. Tingkat urbanisasi yang cukup tinggi tersebut berpengaruh terhadap kehidupan sosial di Yogyakarta khususnya didaerah perkotaan, disiplin masyarakat yang rendah ditambah dengan kemampuan ekonomi yang rendah menyebabkan sebagian penduduk kota menjadikan bantaran sungai sebagai pemukiman, seperti pemukiman yang terdapat di sepanjang bantaran sungai Code.

Sungai Code merupakan salah satu sungai besar yang melintas dalam kota Yogyakarta selain dua sungai yang lain yaitu Winongo dan Gajahwong. Sungai Code terukur hingga bendung Mergangsan memiliki luas daerah aliran sungai sebesar 35,71 km<sup>2</sup> dan memiliki panjang sungai terukur hingga bendung Mergangsan sebesar 34,67 km mengalir melewati tiga kabupaten Sleman, Bantul dan Kotamadya Yogyakarta. Sungai Code berawal dari lereng gunung merapi dan bermuara di sungai Opak untuk selanjutnya diteruskan ke Samudera Indonesia. Sungai Code merupakan sungai dengan aliran air sepanjang tahun dan mempunyai potensi cukup besar untuk menimbulkan kerusakan dan bencana bila terjadi banjir besar seperti yang pernah terjadi, merusakkan daerah pemukiman penduduk, tanah pertanian dan bahkan sampai menimbulkan korban jiwa. Masalah banjir hampir setiap tahun selalu melanda kota Yogyakarta akibat meluapnya sungai Code, kondisi banjir lebih diperberat oleh padatnya pemukiman di sepanjang tepi alur sungai Code. Daerah hilir atau merupakan daerah sedimentasi mempunyai kelandaian alur yang relatif datar, sehingga kecepatan arus air relatif kecil, dan dengan demikian konsentrasi endap di daerah ini cukup besar. Pengendapan yang terjadi dialur tersebut, akan menaikkan dasar sungai dan mengurangi kapasitas penampungan serta akibat lebih jauhnya adalah berkurangnya kemampuan mengalirkan air pada saat debit besar. Dari hasil pengamatan yang dilakukan di daerah tersebut banyak dijumpai kawasan pemukiman yang terdapat di daerah bantaran sungai, dengan tingkat kepadatan yang cukup tinggi. Kondisi tersebut dapat dilihat mulai dari jembatan Sardjito sampai jembatan Tungkak, sepanjang 5,2 km di kiri kanan sungai. Banjir di daerah ini biasanya datang secara mendadak dengan kecepatan yang relatif tinggi. Hal ini dapat dilihat kejadian banjir pada awal tahun 1984 yang merusakkan 3 buah jembatan dan menghanyutkan pemukiman dengan kerugian cukup besar serta dampak yang sangat luas, peristiwa banjir di Sungai Code pada 23 Februari 2005 yang mengakibatkan talud di depan RRI roboh, rumah satu kamar rusak, rumah terendam air dari 1 meter

sampai atap rumah di Ledok Tukangan, Sayidan, Bintaran dan Gemblakan ( Pemda DIY, Suara Merdeka, 2006 ).

Selanjutnya dalam penanganan bahaya banjir sungai Code, perlu mendapat perhatian khusus terutama dalam perencanaan bangunan pengendali banjir dan pengoperasian bangunan pengambilan serta pengamanan bangunan-bangunan menyilang sungai khususnya jembatan dan jalan raya.

### **1.2. Pokok Permasalahan**

Terdapat dua pokok masalah yang terjadi sepanjang sungai Code di perkotaan, yaitu :

1. Daerah hunian yang terbentuk di sepanjang bantaran sungai Code di daerah kota dengan pola hidup masyarakat yang tidak sadar lingkungan akan akan memperkecil kapasitas tampung sungai Code karena banyak menimbulkan sedimentasi pada dasar sungai.
2. Semakin meningkatnya pembangunan di daerah hulu sungai akan menyebabkan semakin sempitnya daerah resapan, sehingga debit air hujan yang akan diterima daerah hilir semakin besar.

### **1.3. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat diambil rumusan permasalahan sebagai berikut :

1. Daerah hunian yang terbentuk di sepanjang bantaran sungai Code menyebabkan semakin sempitnya aliran sungai sehingga curah hujan yang tinggi tidak dapat ditampung sepenuhnya oleh penampang sungai Code dan menimbulkan limpasan di daerah tersebut.
2. Semakin meningkatnya pembangunan di daerah hulu sungai akan menyebabkan semakin sempitnya daerah resapan, debit air hujan yang akan diterima daerah hilir semakin besar.
3. Kapasitas tampang sungai Code sangat berpengaruh terhadap bahaya banjir bagi masyarakat di sekitar aliran sungai Code.

4. Nilai banjir rancangan dengan kala ulang tertentu perlu diketahui agar dapat diperkirakan tinggi muka air banjir.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menghitung nilai banjir rancangan ( $Q_T$ ) dengan kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun sepanjang penggal sungai Code di daerah perkotaan (Jembatan Sarjito hingga Mergangsan).
2. Mengetahui tinggi muka air banjir pada daerah padat permukiman di sepanjang lokasi penelitian sungai Code agar dapat mengantisipasi bahaya banjir bagi masyarakat sekitar aliran sungai Code.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian adalah :

1. Memberikan pemahaman kepada masyarakat luas agar lebih memperhatikan masalah tata lingkungan di hulu DAS Kali Code sehingga debit banjir yang akan diterima oleh Kodya Yogyakarta tidak menimbulkan dampak yang sangat merugikan terutama masalah banjir.
2. Dapat diketahui debit banjir maksimum yang dapat ditampung oleh Kodya Yogyakarta akibat hujan di hulu DAS Kali Code.
3. Dapat diketahui tinggi permukaan banjir maksimum di DAS Sungai Code dengan banjir rancangan kala ulang 50, 100, 200, 500 tahun.
4. Sebagai data perencanaan penataan kawasan hulu DAS Kali Code di masa mendatang.

#### **1.6. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian maka perlu adanya batasan – batasan sebagai berikut :

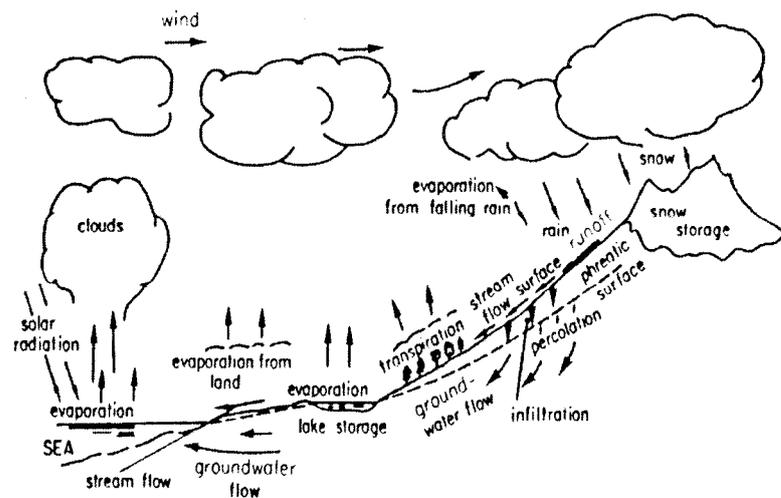
1. Penelitian dilaksanakan pada penggal DAS Code yaitu mulai dari Jembatan Sarjito dan berakhir di Mergangsan sepanjang 4850 m, karena daerah penggal sungai tersebut telah mewakili daerah sungai yang melalui dan memotong daerah perkotaan.
2. Diambil 5 ( lima ) titik pengukuran tampang sungai di daerah lokasi penelitian untuk mewakili setiap jarak satu km, dan diukur dengan alat Theodolit. Tampang yang diteliti adalah pada tampang 1 (satu) di Kalurahan Terban, tampang 2 (dua) di Ledok Code Kalurahan Kotabaru, tampang 3 (tiga) di Juminahan Kalurahan Legal Panggung, tampang 4 (empat) di Purwokinanti Kalurahan Gondomanan, dan tampang 5 (lima) di Sayidan Kalurahan Mergangsan.
3. Banjir rancangan menggunakan kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun.
4. Data hujan harian diambil dari stasiun di DAS Code yaitu stasiun Kemput, Prumpung, Angin – angin, dan Beran.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Siklus Hidrologi

Daur atau siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir kelaut kembali (CD.Soemarto, 1986). Bila dilihat keseimbangan air secara menyeluruh (global), maka siklus hidrologi dapat ditunjukkan dalam ilustrasi pada Gambar. 2.1.



Gambar. 2.1 Siklus Hidrologi (E.M. Wilson, 1983)

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa “air” baik itu berupa gas/uap, cair maupun padat menjalani sirkulasi didalam suatu sistem siklus yang dikendalikan radiasi matahari.

Matahari merupakan sumber tenaga bagi alam, dengan tenaga matahari seluruh permukaan bumi akan terjadi penguapan, baik dari muka tanah, pepohonan dan permukaan air. Penguapan yang terjadi dari permukaan air dikenal dengan transpirasi (*transpiration*). Uap air akibat evaporasi dan transpirasi terbawa oleh udara panas naik ke atmosfer dan terkumpul menjadi awan, dan suatu saat terjadi kondensasi uap air. Uap air yang panas akan mengembang karena molekul udara bergerak saling menjauhi satu sama lain akibat panas. Volume udara yang panas mengandung lebih sedikit molekul udara, sehingga berat volume udara lebih ringan dan naik ke atas. Udara tersebut membawa juga uap air naik tinggi ke atas atmosfer. Udara yang naik ke atmosfer menjadi dingin disebabkan proses *adiabatic expansion*, yaitu suatu proses pengembangan tanpa terjadi kehilangan maupun perubahan panas. Udara yang naik ke atas tersebut akan menjadi dingin akibat tekanan atmosfer yang semakin tinggi semakin berkurang, sehingga suatu ketika terjadi kondensasi dari uap air di udara tersebut menjadi butiran-butiran air yang sangat kecil. Jika butiran-butiran air di udara tersebut terkumpul menjadi butiran air yang lebih besar, maka butiran air tersebut akan jatuh ke bumi menjadi hujan. Air hujan yang jatuh ke bumi tersebut ada yang tertahan oleh tumbuhan dan sebagian lagi jatuh ke permukaan bumi. Air yang jatuh ke permukaan tanah sebagian meresap ke dalam tanah dan sebagian mengalir di permukaan tanah ke tempat-tempat yang lebih rendah. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian tertahan pada daerah di dalam tanah yang dipengaruhi oleh akar tumbuhan, dan sebagian merembes terus ke dalam tanah dan menyatu dengan air tanah. Air yang mengalir di permukaan tanah pada umumnya akan mengalir masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Dalam perjalanannya, air permukaan tersebut mungkin sebagian tertahan pada cekungan tanah yang dasarnya relatif tidak rembes air sehingga menjadi kubangan air atau tempat penampungan air sementara atau pada danau. Namun pada prinsipnya air tersebut jika memungkinkan akan terus mengalir ke tempat yang lebih rendah dan terkumpul di sungai-sungai dan akhirnya menuju ke laut. Muka air tanah juga berubah-ubah,

karena air dalam tanah dapat juga muncul lagi ke permukaan tanah sebagai mata air, demikianlah siklus hidrologi tersebut akan terulang kembali (Sri Harto BR,1985).

## 2.2 Hujan

Memperhatikan kembali daur hidrologi yang telah dijelaskan di atas, maka diketahui bahwa air yang ada di bumi, langsung maupun tidak langsung berasal dari air hujan. Semua bentuk air yang jatuh ke permukaan bumi disebut hujan. Hujan merupakan suatu proses pembentukan yang panjang, agar terjadi proses pembentukan hujan, maka ada dua syarat yang harus dipenuhi, yaitu :

1. tersedia udara lembab,
2. tersedia sarana, keadaan yang dapat mengangkat udara tersebut keatas sehingga terjadi kondensasi.

Udara lembab biasanya terjadi karena adanya gerakan udara mendatar, terutama sekali yang berasal dari atas lautan, yang dapat mencapai ketinggian ribuan kilometer dan akhirnya terbentuk awan. Terjadinya pembentukan awan tidak selalu memungkinkan terjadinya hujan, paling tidak diperlukan waktu agar awan tersebut tumbuh menjadi awan-hujan. Pertumbuhan partikel-partikel awan dari ukuran 1-100 mikron ( $1 \text{ mikron} = 10^3 \text{ mm}$ ) menjadi partikel hujan dengan ukuran lebih dari 1000 mikron (1 mm) memerlukan waktu paling tidak 30 menit sejak pembentukan awan. Akan tetapi proses tersebut tidak selalu terjadi, karena sangat tergantung dari keadaan atmosfer, partikel awan tersebut dapat teruapkan kembali. Stabilitas udara sangat berpengaruh terhadap pembentukan awan tersebut (Sri Harto BR, 1985).

Menurut kejadiannya hujan dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu hujan konvektif, hujan siklonik, dan hujan orografik.

1. Hujan konvektif akan terjadi bila terdapat ketidak seimbangan udara karena panas setempat, sehingga udara bergerak ke atas dan berlaku proses *adiabatic* (Proses pengembangan tanpa terjadi kehilangan panas). Hujan jenis konvektif

biasanya berupa hujan dengan intensitas tinggi, didaerah yang relatif sempit, dan terjadi dalam waktu singkat.

2. Hujan siklonik akan terjadi apabila udara bergerak di atas lapisan udara yang lebih padat dan lebih dingin. Hujan siklonik biasanya berintensitas sedang, mencakup daerah yang luas dan berlangsung lama.
3. Hujan orografik terjadi karena udara bergerak ke atas akibat adanya pegunungan. Akibatnya terjadi dua daerah yang disebut daerah hujan dan daerah bayangan hujan. Sifat hujan orografik dipengaruhi oleh karakteristik pegunungan yang bersangkutan.

Sifat hujan ditetapkan berdasarkan persentase nilai perbandingan antara jumlah curah hujan selama periode musim kemarau dengan jumlah curah hujan rata-ratanya pada periode yang sama untuk setiap daerah. Menurut sifatnya ada tiga jenis sifat hujan, yaitu :

1. Di atas Normal (A), jika nilai perbandingannya  $> 115\%$
2. Normal (N), jika nilai perbandingannya antara  $85 - 115\%$
3. Di bawah Normal (B), jika nilai perbandingannya  $< 85\%$

Sifat hujan normal artinya akumulasi curah hujan yang terjadi di suatu daerah prakiraan musim selama musim kemarau berada di sekitar nilai rata-rata selama 30 tahun, di atas normal lebih tinggi dari batas atas nilai normalnya dan dibawah normal lebih rendah dari batas bawah nilai normalnya. Sebagai contoh : apabila sifat hujan dalam prakiraan musim di suatu daerah diprakirakan normal, tidak berarti bahwa setiap bulan periode musim tersebut intensitas hujan akan terus menerus normal, namun pada bulan-bulan tertentu curah hujannya dapat diatas normal atau dibawah normal. Akan tetapi secara kumulatif curah hujan selama periode musim kemarau tersebut adalah normal. Menurut intensitasnya hujan dibagi pula menjadi 5 jenis pula, yaitu hujan sangat ringan, hujan ringan, hujan normal, hujan lebat, dan hujan sangat lebat. Pembagian jenis hujan menurut intensitasnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Derajat dan intensitas hujan

Derajat Curah Hujan	Intensitas Hujan/l (mm/jam)
Hujan sangat ringan	<1
Hujan ringan	1-5
Hujan normal	5-10
hujan lebat	10-20
hujan sangat lebat	>20

Sumber : Suyono, 1983.

Sifat hujan sangat ringan adalah apabila hujan yang terjadi kurang dari 1 mm/jam, hujan ringan apabila hujan yang terjadi adalah antara 1-5 mm/jam, sedangkan hujan normal dan hujan lebat apabila banyaknya hujan yang terjadi adalah masing-masing antara 5-10 mm/jam dan 10-20 mm/jam, dan disebut hujan sangat lebat apabila hujan yang terjadi adalah melebihi 20 mm/jam.

### 2.2.1 Pengukuran Hujan

Pengukuran curah hujan dilakukan dengan alat ukur curah hujan. Ada dua jenis alat ukur, yaitu jenis biasa dan jenis otomatis, seperti dijelaskan sebagai berikut.

#### 1. Penakar Hujan Biasa (*Manual Raingauge*)

Alat ukur biasa berbentuk tabung dengan diameter 8", didalamnya terdapat sebuah tabung pengukur berdiameter 1,5". Alat ukur ditempatkan ditempat terbuka yang tidak dipengaruhi pohon-pohon dan gedung-gedung. Bagian atas alat dipasang 20 cm lebih tinggi dari permukaan tanah yang disekelilingnya ditanami rumput. Ketelitian pembacaan adalah sampai 1/10 mm. pembacaan harus dilakukan 1 kali sehari, biasanya pada pukul 09.00 dan hasil pembacaan dicatat sebagai curah hujan terdahulu (kemarin). Curah hujan yang kurang dari 0,1 mm harus dicatat 0,00 mm, sedangkan bila keadaan tidak ada hujan dicatat dengan membubuhkan garis (0). Kekurangan dari alat pengukur hujan biasa adalah tidak dapat mencatat saat mulai dan berakhirnya hujan, sehingga tidak

dapat mengetahui lama waktu hujan dan intensitasnya. Pada alat ukur hujan biasa pencatatan dilakukan setiap hari pada pukul 07.00, sehingga data yang didapat selama 24 jam dengan arah hujan yang lebih pendek.

## **2. Penakar Hujan Otomatik (*Otomatic Raingauge*)**

Alat ukur hujan otomatis dibagi menjadi dua, yaitu jenis sifon dan jenis penampung bergerak. Pada jenis sifon, air hujan tertampung didalam sebuah silinder berpelampung yang dapat terangkat oleh air hujan yang masuk. Curah hujan dicatat pada suatu sistem pencatatan dengan sebuah pena yang digerakkan oleh pelampung itu. Lebar kertas itu sesuai dengan curah hujan 20 mm. Jika pena pencatat itu mencapai batas atas 20 mm (berarti pelampung dalam silinder itu naik 20 mm), maka air hujan didalam silinder itu akan terbangun melalui sifon dan pena akan turun ke bawah sampai titik 0 mm.

Pada alat ukur jenis penampung bergerak, penampung terdiri dari dua bagian yang sama, yang dapat bergerak atau berputar pada sumbu horizontal yang terpasang ditengah-tengah. Air hujan yang masuk ditampung oleh penampung yang satu. Jika air hujan didalam penampung itu mencapai jumlah tertentu, maka penampung itu bergerak sehingga air hujan berikutnya ditampung oleh penampung yang lain. Jika hujan berlangsung terus, maka penampung-penampung itu akan berganti-ganti menampung air hujan yang masuk. Pena pencatat yang dapat digerakkan oleh listrik melalui kabel akan mencatat setiap kali terjadi perputaran penampung. Alat jenis otomatis juga dapat digunakan sebagai alat ukur hujan tanpa kabel (hanya menggunakan sinyal listrik) atau alat ukur hujan untuk jangka waktu yang lama yang sering digunakan untuk pengamatan hujan didaerah pegunungan (seperti untuk peramalan banjir dan pemanfaatan lain yang lain)

Dengan alat ukur hujan otomatis, maka kejadian dan intensitas dicatat otomatis secara grafis pada gulungan kertas yang berputar, dan dapat mengetahui

saat permulaan dan saat akhir hujan serta besarnya hujan tiap saat. Pada alat ukur hujan otomatis dapat ditetapkan data curah hujan yang lebih pendek (sesuai dengan kehendak).

### 2.2.2 Intensitas Hujan

Intensitas adalah banyaknya hujan ( $h$ ) selama durasi tertentu ( $t$ ), sesuai persamaan berikut :

$$I = \frac{h}{t} \quad (2.1)$$

Dengan  $I$  adalah intensitas hujan (mm/jam),  $h$  adalah tinggi hujan (mm), dan  $t$  adalah waktu (detik).

Besarnya intensitas hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya hujan dan frekuensi kejadiannya. Semakin pendek durasi hujan semakin besar intensitasnya. Satuan intensitas adalah mm/jam atau cm/hari. Dalam perancangan penentuan intensitas hujan dasar pengukuran kadang-kadang sulit didapat atau justru tidak ada data atau bisa terjadi data yang ada dalam durasi yang panjang, oleh karena itu untuk mencari intensitas hujan pada durasi pendek dapat digunakan rumus empirik dari Talbot, Sherman, Ishiguro, dan Mononobe seperti dalam persamaan berikut (Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, 1983).

#### 1. Talbot

Menurut Talbot (1881), untuk menghitung besarnya intensitas hujan dapat digunakan persamaan empirik seperti berikut :

$$I = \frac{a}{(t + b)} \quad (2.2)$$

Dengan  $I$  adalah intensitas hujan (mm/jam),  $t$  waktu (durasi) curah hujan (menit), dan  $a$ ,  $b$  adalah konstanta.

Rumus di atas digunakan untuk waktu ( $t$ ) yang pendek. Konstanta dari rumus di atas dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$a = \frac{\sum (I.t) \sum I^2 - \sum I^2.t \sum I}{n \sum I^2 - (\sum I)^2} \quad (2.3)$$

$$b = \frac{\sum I \sum (I.t) - \sum I^2.t}{n \sum I^2 - (\sum I)^2} \quad (2.4)$$

## 2. Sherman

Menurut Sherman (1905), untuk menghitung besarnya intensitas hujan dapat digunakan persamaan empirik seperti berikut :

$$I = \frac{a}{t^b} \quad (2.5)$$

Dengan I adalah intensitas hujan (mm/jam), T waktu (durasi) hujan (menit), dan a,b adalah konstanta

Rumus ini cocok untuk t , 2 jam. Konstantanya dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Log } a = \frac{\sum \log I \sum (\log t)^2 - \sum \log t . \log I \sum \log t}{n \sum (\log t)^2 - (\sum \log t)^2} \quad (2.6)$$

$$b = \frac{\sum \log I \sum (\log t) - n \sum \log t . \log I}{n \sum (\log t)^2 - (\sum \log t)^2} \quad (2.7)$$

## 3. Ishiguro

Menurut Ishiguro, untuk menghitung besarnya intensitas hujan dapat digunakan persamaan empirik seperti berikut :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \quad (2.8)$$

Dengan I adalah Intensitas hujan (mm/jam), t adalah waktu (durasi) hujan (menit), dan a,b adalah konstanta

Rumus ini digunakan untuk waktu t yang pendek. Konstantanya dapat dihitung dengan rumus :

$$a = \frac{\sum (I \cdot \sqrt{t}) \sum I^2 - \sum (I^2 \cdot \sqrt{t}) \sum I}{n \sum I^2 - (\sum I)^2} \quad (2.9)$$

$$b = \frac{\sum (I \cdot \sqrt{t}) \sum I - \sum (I^2 \cdot \sqrt{t})}{n \sum I^2 - (\sum I)^2} \quad (2.10)$$

#### 4. Mononobe

Menurut DR. Mononobe (1980), untuk dapat menghitung intensitas curah hujan dapat menggunakan rumus yang sering dipakai di Jepang. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{Rr_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (2.11)$$

Dengan I adalah Intensitas curah hujan (mm/jam),  $t_c$  adalah Waktu konsentrasi, dan  $Rr_{24}$  adalah curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

Waktu konsentrasi dihitung dengan menggunakan rumus Kirpich

$$\text{Rumus: } t_c = 0.01947L^{0.77} S^{-0.385} \quad (2.12)$$

Dengan  $t_c$  adalah Waktu konsentrasi (jam), L (m) adalah Panjang aliran sungai (Km), dan S (m) adalah Beda tinggi.

#### 2.2.3 Hujan Rancangan

Hujan rancangan adalah nilai hujan yang disamai atau dilampaui pada kala ulang T tahun tertentu, nilai hujan tersebut terekam pada durasi tertentu, seperti durasi 24 jam atau sesuai dengan waktu konsentrasi. Untuk dapat menganalisis hujan rancangan tersebut harus diketahui nilai hujan maksimal tahunan. Data yang diperoleh pada stasiun penakar hujan hanya mendapat data curah hujan di suatu titik tertentu (*point rainfall*) dan daerah sekitar yang tidak begitu luas. Untuk dapat mewakili daerah yang luas maka data hujan tersebut harus diubah menjadi hujan area rerata atau hujan kawasan (*areal rainfall*). Pada prinsipnya ada 3 cara yang banyak digunakan untuk memperhitungkan hujan rata-rata (*areal rainfall*) dari hujan titik

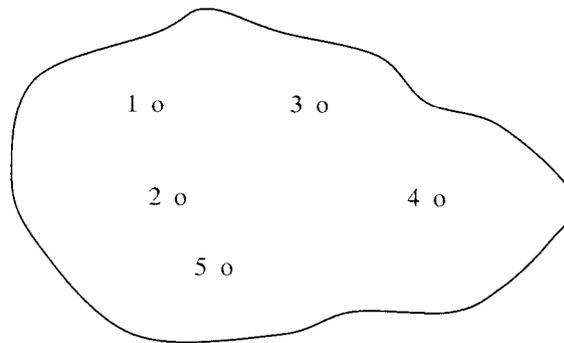
(*point rainfall*), yaitu cara Rerata Aljabar, Rerata Thyessen, dan Rerata Isoheit.

### 1. Rerata Aljabar

Pada prinsipnya hitungan dilakukan dengan membagi rata pengukuran pada semua stasiun hujan dengan jumlah stasiun dalam daerah aliran sungai yang bersangkutan (Sri Harto, 1985), sesuai dengan peramaan berikut :

$$\bar{R} = 1/n \sum R_i \quad (2.13)$$

Dengan  $\bar{R}$  adalah Hujan Rerata (mm),  $n$  adalah jumlah stasiun, dan  $R_i$  adalah hujan titik di stasiun I



Gambar. 2.2 Peta Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Rerata Aljabar

### 2. Rerata Thyessen (*Thyessen Mean*)

Pada cara rerata thyessen setiap hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu, dan luas tersebut merupakan faktor koreksi bagi hujan di stasiun yang bersangkutan. Luas masing-masing daerah tersebut diperoleh dengan cara sebagai berikut :

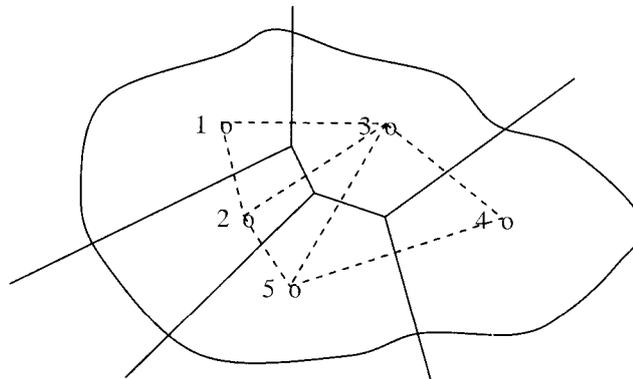
- a. Semua stasiun yang terdapat di dalam atau diluar DAS dihubungkan dengan garis sambung.
- b. Pada masing-masing garis sambung dibuat garis berat antar stasiun.
- c. Dibuat polygon untuk untuk masing-masing stasiun hujan.
- d. Dihitung luas setiap polygon yang diwakili.

Cara Thiessen cukup baik dibanding cara rerata aljabar. Kekurangan cara rerata thiessen diantaranya adalah pengaruh intensitas tidak nampak demikian pula apabila salah satu stasiun yang tidak berfungsi (rusak) maka harusnya dirubah gambar poligonnya, sesuai persamaan :

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i . R_i \quad (2.14)$$

$$W_i = \frac{A^i}{A} \quad (2.15)$$

Dengan  $\bar{R}$  adalah Hujan Rerata (mm),  $R_i$  adalah Hujan titik di stasiun I,  $A_i$  adalah Luas polygon thiessen stasiun I,  $A$  adalah Luas daerah total, dan  $W_i$  adalah luas daerah pada stasiun



Gambar. 2.3 Luas daerah pengaruh Metode Poligon Thiessen

### 3. Rerata Isohyet (Isohyetal Mean)

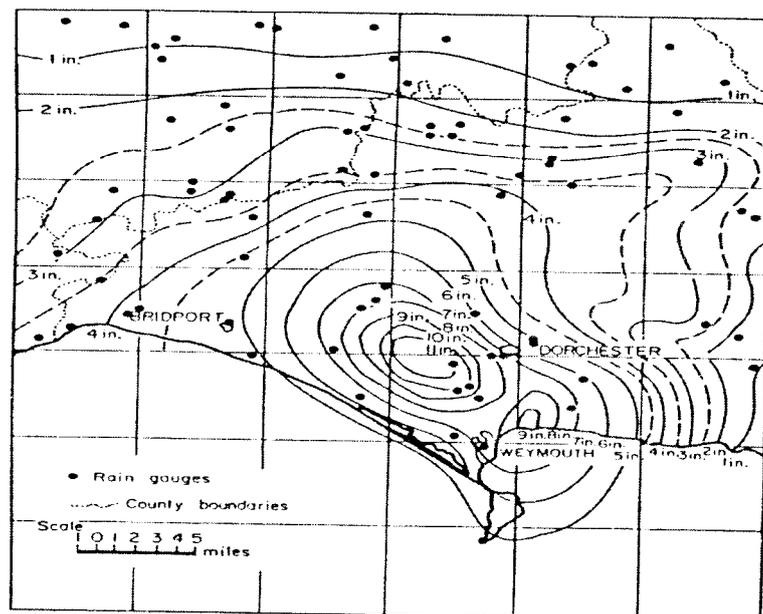
Isohyet merupakan garis yang menghubungkan titik-titik dengan tinggi hujan yang sama pada saat yang bersamaan. Pada cara isohyet pengaruh nilai kontur hujan telah dimasukkan. Cara Isohyet diyakini paling teliti, namun kesulitan terletak pada setiap kali harus menggambarkan garis isohyet, sesuai persamaan :

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i . R_i \quad (2.16)$$

$$W = \frac{A_1}{A_{total}} \quad (2.17)$$

$$R = \frac{(R_1 + R_2)}{2} \quad (2.18)$$

Dengan  $\bar{R}$  adalah hujan rerata (mm), W adalah luas daerah Isohyet,  $A_1$  adalah luas antar Isohyet,  $R_1$  adalah hujan Isohyet 1,  $R_2$  adalah hujan Isohyet 2, R adalah hujan antar Isohyet dan  $A_{tot}$  adalah luas total daerah.



Gambar. 2.4 Peta Isoheit

#### 2.2.4 Parameter Statistik

Parameter statistik yang meliputi data hujan rata-rata, Standar Deviasi, Koefisien Variasi, Koefisien Kemencengan, dan Koefisien Kurtosis. Dibawah ini persamaan parameter statistik yang digunakan dalam analisis frekuensi hujan.

a. Hujan Rerata Data ( $\bar{X}$ )

Dari kumpulan data yang dianalisa diurutkan dari harga terbesar sampai terkecil atau sebaliknya. Nilai rata-rata penyimpangan mutlak dari rata-rata hitung untuk semua nilai variant sesuai persamaan :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum Xi \quad (2.19)$$

Dengan  $\bar{X}$  adalah hujan rata-rata data, n adalah jumlah data, dan Xi adalah nilai hujan variant ke-i

b. Standar Deviasi (S)

Nilai S akan besar apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata, akan tetapi nilai S akan kecil apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata. Standar deviasi dapat dihitung sesuai persamaan :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (2.20)$$

Dengan  $\bar{X}$  adalah hujan rata-rata data, n adalah jumlah data, Xi adalah nilai hujan variate ke-I, dan S adalah Standar Deviasi

c. Koefisien Variasi (Cv)

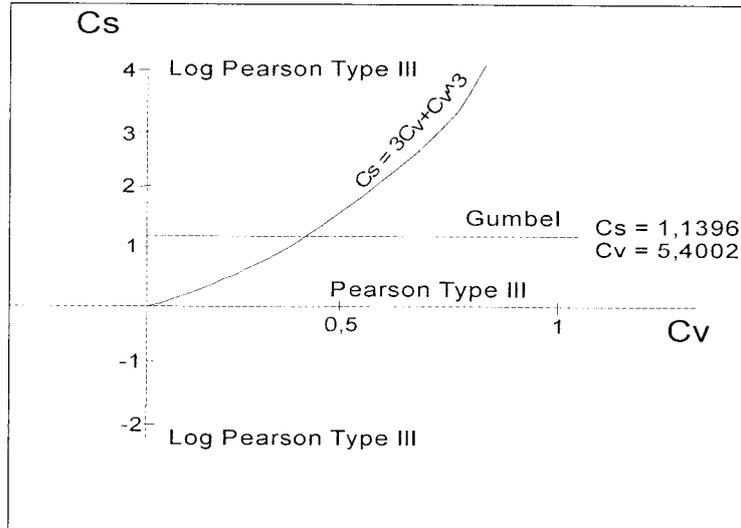
Nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi disebut dengan Koefisien Variasi. Koefisien variasi dapat dihitung sesuai persamaan :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.21)$$

Dengan Cv adalah koefisien variasi, S adalah standar deviasi, dan  $\bar{X}$  adalah hujan rata-rata.

d. Koefisien A Simetri (Cs)

Suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi disebut dengan kmencengan. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari



Gambar 2.5 Kurva Cv dan Cs untuk menentukan Pemilihan Sebaran  
(G.W. Kite, 1988)

### 2.2.5 Nilai Faktor Frekuensi

Nilai faktor frekuensi ( $K_T$ ) dipengaruhi oleh jenis sebaran (parameter statistik) dan kala ulang ( $T$ ). Jenis sebaran yang sering dipakai adalah sebaran Gumbel's bila  $C_s = 1,14$  dan  $C_k = 5,40$ , sebaran Normal bila  $C_s = 0$ , sebaran Normal Dua Parameter (LN2P) bila  $C_s = 3C_v + C_v^3$ . Sebagai arahan untuk memilih jenis sebaran yang sesuai diberikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pemilihan Sebaran

Sebaran	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$
Gumbel Type I	$C_s = 1,1396$ $C_k = 5,4002$
Log Normal 2 Parameter	$C_s/C_v \approx 3$
Log Pearson III	Yang tidak termasuk sebaran di atas

Sumber : Sri Harto, 1980

Dibawah ini adalah persamaan untuk menghitung  $k_T$  sesuai dengan jenis sebarannya.

**a. Sebaran Normal**

Sebaran normal banyak digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dan debit rata-rata tahunan. Sesuai persamaan :

$$k_T = Z \quad (2.24)$$

Z = Standar Normal Deviasi

Nilai Z (*Standar Normal Deviate*) tergantung dari besarnya kala ulang (T), Z dibaca pada Lampiran 4.

**b. Sebaran LN2P**

Sebaran LN2P mempunyai persamaan :

$$k_T = \frac{e^{\left[\ln(1+Cv^2)\right]^{\frac{1}{2}} Z - \frac{1}{2} \ln(Cv^2)} - 1}{Cv} \quad (2.25)$$

**c. Sebaran Log Pearson Tipe III**

Banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) yang tidak termasuk dalam jenis sebaran diataa, sesuai dengan persamaan :

$$k_T = Z + (Z^2-1)(Cs_2/6) + 1/3(Z^3-6Z)(Cs_2/6)^2 - (Z^2-1)(Cs_2/6)^3 + Z(Cs_2/6)^4 + 1/3(Cs_2/6)^5 \quad (2.26)$$

Dengan  $Cs_2$  adalah Koefisien Kemencengan dari Logaritma Data.

**d. Sebaran Extreme Value Type I (Gumbel's)**

Umumnya digunakan untuk analisis data maksimumn missal untuk analisis frekuensi banjir. Mempunyai koefisien kemencengan  $Cs = 1,1396$ . Peluang kumulatif dari distribusi ekstrem tipe I adalah :

$$k_T = -(6/\pi)^{1/2} [0,5772 + \ln \{ \ln(T/(T-1)) \}] \quad (2.27)$$

Dengan T adalah Kala ulang tahun (*return period*)

### 2.3 Banjir Rancangan

Banjir rancangan adalah besarnya debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan penetapan dimensi bangunan hidrolis, sedemikian sehingga kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui. Beberapa metode/cara menetapkan debit banjir rancangan sesuai dengan ketersediaan data, tingkat ketelitian dan hasil akhir yang diinginkan (Sri Harto, 1993).

Pada penelitian yang dilakukan untuk menghitung besarnya banjir rancangan digunakan metode rasional, karena cara ini cukup baik digunakan pada daerah-daerah yang sempit (daerah perkotaan). Pada dasarnya metode rasional dapat digunakan untuk daerah tangkapan yang cukup besar, akan tetapi semakin besar daerah yang dihitung dengan metode ini maka harus ada koreksi untuk hujan rencana.

Untuk keperluan perencanaan teknis pengendalian banjir yang bersifat fisik diperlukan besaran debit banjir tertentu yang dikendalikan, yang pada umumnya dinyatakan dalam bentuk periode ulang (frekuensi) kemungkinan terjadinya (dalam tahun). Besaran debit banjir tersebut biasanya disebut debit banjir rencana dalam satuan meter kubik per detik ( $m^3/dt$ ).

Besarnya dan frekuensi banjir pada suatu kawasan dikendalikan oleh faktor-faktor penyebabnya seperti intensitas hujan, durasi banjir, serta luas DAS, dan faktor lingkungan yaitu faktor-faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi dan waktu konsentrasi. Dalam praktek penentuan debit banjir rancangan perlu mempertimbangkan beberapa hal, yaitu :

- a. biaya pelaksanaan dan pemeliharaan bangunan air,
- b. umur ekonomi bangunan,
- c. besarnya kerugian yang ditimbulkan oleh banjir.

Analisis debit banjir rancangan dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu : metode empirik, metode rasional, dan metode hidrograf satuan, masing-masing cara dapat dijelaskan sebagai berikut :

### 1. Metode Empirik

Analisis debit didasarkan pada data banjir tinggi yang terjadi pada masa lalu untuk beberapa DAS kemudian diwujudkan dalam kurva atau persamaan regresi sederhana.

Persamaan Regresi :

$$Q = n \cdot A^m \quad (2.28)$$

Dengan Q adalah debit ( $m^3/dt$ ), n,m adalah konstanta regresi, dan A adalah luas daerah ( $km^2$ ).

### 2. Metode Rasional

Metode rasional adalah suatu cara perhitungan debit yang mempunyai korelasi langsung dengan koefisien limpasan, intensitas curah hujan, dan luas daerah aliran. Bila diamati curah hujan yang jatuh dalam suatu wilayah tangkapan (DAS), maka hujan ini akan menimbulkan aliran sebesar : luas DAS dikalikan dengan intensitas hujan. Akan tetapi tidak selalu hujan yang jatuh menjadi limpasan, ada sebagian yang hilang maupun infiltrasi, sehingga persamaan untuk metode rasional adalah sebagai berikut :

$$Q_p = C \cdot i_{e,T} \cdot A \quad (2.29)$$

Dengan A adalah Luas DAS ( $Km^2$ ),  $i_{e,T}$  adalah intensitas hujan T tahun (jam), C adalah koefisien aliran, dan  $Q_p$  adalah debit puncak ( $m^3/dt$ ).

### 3. Metode Hidrograf Satuan

Untuk mendapatkan suatu banjir rencana dari hujan dapat dipakai cara dengan mentransformasikan hidrograf hujan menjadi hidrograf aliran sungai, untuk itu dipakai hidrograf satuan. Teori mengenai hidrograf satuan ada batas-batasnya. Kalau tingkatan pengalirannya meningkat, kecepatan air di permukaan tanah dan di sungai meningkat dan pucak hidrograf menjadi lebih tajam. Sebaliknya, hambatan

tanah-tanah ledok dan hambatan pengaliran air di permukaan tanah juga meningkat dan mempunyai efek pengurangan pada hidrograf. Hidrograf satuan tidak dapat dipakai untuk daerah aliran yang lebih besar dari kira-kira 5200 km<sup>2</sup>, karena efek dari *valley storage* dan variasi hujannya pada hidrograf satuan menjadi terlalu besar.

## 2.4 Penanggulangan Banjir

Persoalan banjir yang terjadi pada umumnya ditimbulkan oleh dua jenis penyebab, yang satu sama lain saling mengait. Pertama adalah akibat adanya tindakan atau perbuatan manusia baik yang bermukim pada dataran banjir maupun pada bagian hulu sungai, dan yang kedua adalah akibat adanya peristiwa alam dan keadaan alam tanpa campur tangan manusia. Untuk masing-masing sungai mempunyai jenis-jenis penyebab yang khusus. Dengan demikian jenis-jenis tindakan yang dilakukan untuk mengatasi juga bersifat khusus.

Tindakan-tindakan untuk mengurangi kerugian-kerugian akibat banjir adalah merupakan tindakan-tindakan dalam rangka mengurangi kerugian yang ditimbulkan oleh banjir. Tindakan tersebut dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu tindakan yang bersifat fisik (*structural measures*), dan tindakan yang bersifat non fisik (*non structural measures*).

1. Tindakan yang bersifat fisik (*structural measures*) atau tindakan-tindakan secara konvensional (*convensional measure*) atau *corrective measures* karena bersifat mengendalikan atau memperbaiki kondisi alam. Kegiatan pengendalian banjir (*flood control*) yang dilaksanakan lebih banyak bersifat fisik, yaitu dengan membangun waduk-waduk, penampung banjir sementara, tanggul, sudetan atau bay-pass (*flood way*), perbaikan alur sungai, dan pengendalian erosi. Dua parameter pokok yang dikendalikan secara fisik adalah elevasi muka air sungai dan debit air sungai.

2. Tindakan-tindakan yang bersifat non fisik (*non structural measures*) atau tindakan-tindakan *non conventional* atau *preventative measures* karena bersifat mencegah terjadinya kerugian akibat bencana. Tindakan yang bersifat non fisik tidak bertujuan atau mengusahakan agar peristiwa banjir dapat berkurang atau tidak terjadi sama sekali, namun berusaha mengatur lahan baik mengenai penggunaan dan pengembangannya, serta tata cara bermukim dan melakukan tindakan pada dataran banjir sedemikian rupa sehingga resiko atau bahaya yang ditimbulkan oleh banjir dapat berkurang dan kerugian yang ditimbulkan dapat ditekan serendah-rendahnya.

## 2.5 Hidrolika Banjir

Hidrolika banjir adalah persamaan hidrolika yang digunakan untuk menghitung besaran aliran banjir yang terjadi pada suatu DAS, sehingga dapat ditaksir berapa besarnya kerugian yang diakibatkan oleh limpasan banjir rancangan. Dalam perhitungan hidrolika banjir data-data yang diperlukan yaitu debit banjir kala ulang 50 th, 100 th, 200 th, 500 th dan data dimensi talud sungai yang didapat dari hasil pengambilan data lapangan.

### 2.5.1 Debit

Debit (*discharge*) atau besarnya aliran sungai (*stream flow*) adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu dan diberi notasi  $Q$ , dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $m^3/dt$ ). Pada dasarnya pengukuran debit adalah pengukuran luas penampang basah, kecepatan, dan tinggi muka air, sesuai dengan persamaan :

$$Q = A \cdot V \quad (2.30)$$

Dengan  $Q$  adalah debit ( $m^3/dt$ ),  $A$  adalah luas bagian penampang basah ( $m^2$ ), dan  $V$  adalah kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang basah ( $m/dt$ ).

### 2.5.2 Kapasitas Tampang Sungai

Prinsip pelaksanaan pengukuran atau penghitungan kapasitas tampang sungai adalah mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran dan kedalaman sungai tersebut. Kapasitas aliran tampang sungai tergantung pada luas tampang basah dan kecepatan aliran. Secara parsial, luas tampang basah ( $P$ ) tergantung pada tinggi muka air, sedangkan kecepatan tergantung pada kekasaran dinding dan kemiringan memanjang sungai penggal tersebut. Kecepatan aliran dapat dihitung dengan persamaan kecepatan Manning sebagai berikut :

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2.31)$$

Dengan  $n$  adalah angka kekasaran manning,  $R$  adalah jari-jari hidraulis (m), dan  $I$  adalah intensitas hujan. Angka kekasaran Manning ( $n$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$n = \sum \frac{(n_i \cdot P_i)}{P_{total}} \quad (2.32)$$

Dengan  $n$  adalah angka kekasaran manning, dan  $P$  adalah luas penampang basah. Angka kekasaran manning diambil berdasarkan kondisi lapisan permukaan saluran, semakin kasar permukaan saluran maka akan semakin besar pula angka kekasaran manning, seperti terlihat pada Tabel. 2.5.

Tabel 2.5. Manning Roughness Coefficient

Material	Typical Manning roughness coefficient
<i>Concrete</i>	0,012
<i>Gravel bottom with sides</i>	
concrete	0,020
mortared stones	0,023
riprap	0,033
<i>Natural stream channels</i>	
Clean, straight stream	0,030
Clean, winding stream	0,040
Winding with weeds and pools	0,050
With heavy brush and timber	0,100
<i>Flood Plain</i>	
Pasture	0,035
Field crops	0,040
Light brush and weeds	0,050
Dense brush	0,070
Dense trees	0,100

Sumber : Chow, V.T, 1988

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya sangat penting untuk diungkapkan atau dipahami, sebab dapat dipakai sebagai informasi dan sebagai bahan acuan yang sangat berguna. Adapun penelitian yang pernah dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Rina Oktariza dan Laili Verawati ( 2003 ) dengan judul Debit Banjir Kiriman Pada Kodya Jojakarta Dari Daerah Aliran Sungai Kali Code. Dari hasil analisis dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan:
  1. Besarnya debit banjir kiriman yang diterima oleh Kodya Jojakarta akibat hulu daerah sungai (DAS) Kali Code sebesar 83,4921 m<sup>3</sup>/dt, debit ini merupakan debit 24 tahunan yang artinya peluang terjadi banjir dengan debit yang sama yaitu 8,3 % setiap tahunnya.

2. Debit banjir yang diterima oleh Kodya Jogjakarta hingga siklus 200 tahun pada titik dilakukannya pengamatan masih cukup aman hal ini dapat dilihat dari tinggi muka air masih lebih rendah dari pada tinggi tanggul, sedangkan debit maksimum yang mampu ditampung yaitu sebesar  $157 \text{ m}^3/\text{dt}$ .
  3. Pembangunan di utara Jogjakarta apabila tidak mengindahkan dampaknya terhadap lingkungan dengan semakin mempersempit daerah resapan hujan, maka dapat dipastikan dimasa yang akan datang Kodya Jogjakarta akan menerima debit banjir yang lebih besar dan dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar.
1. Penelitian yang dilakukan oleh Fahmi Putra Hamijaya dan M. Muslem Patrio ( 2006 ) dengan judul Studi Penampang dan Debit Banjir Sungai Code Jojakarta. Dari hasil analisis dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan:
    1. Debit maksimum kala ulang 5, 10, 25, 50, 100 dan 200 tahun sungai Code dengan menggunakan metode POT yaitu sebesar 54,7275; 66,6991; 80,3810; 100,4762; 118,8612; 139,8116  $\text{m}^3/\text{dt}$ .
    2. a. Pada tampang 1 (satu) berlokasi di daerah Jagalan, besarnya debit maksimum sungai Code yang dapat ditampung adalah  $89,6802 \text{ m}^3/\text{dt}$ , dengan menurut perhitungan dengan metode POT pada daerah ini untuk kala ulang 50 tahun sudah tidak mampu menampung air yaitu sebesar  $100,4762 \text{ m}^3/\text{dt}$ .  
b. Pada tampang 2 (dua) berlokasi di daerah Terban, Dusun Belimbing Sari, besarnya debit maksimum sungai Code yang dapat ditampung adalah  $36,0409 \text{ m}^3/\text{dt}$  menurut perhitungan dengan metode POT pada daerah ini untuk kala ulang 5 tahun sudah tidak mampu menampung air yaitu sebesar  $54,7572 \text{ m}^3/\text{dt}$ .  
c. Pada tampang 3 (tiga) berlokasi di daerah Sekip Jl. Sendowo Blok E dan besarnya debit maksimum sungai Code yang dapat ditampung adalah  $107,9421 \text{ m}^3/\text{dt}$  menurut perhitungan dengan metode POT pada daerah ini

## **BAB III**

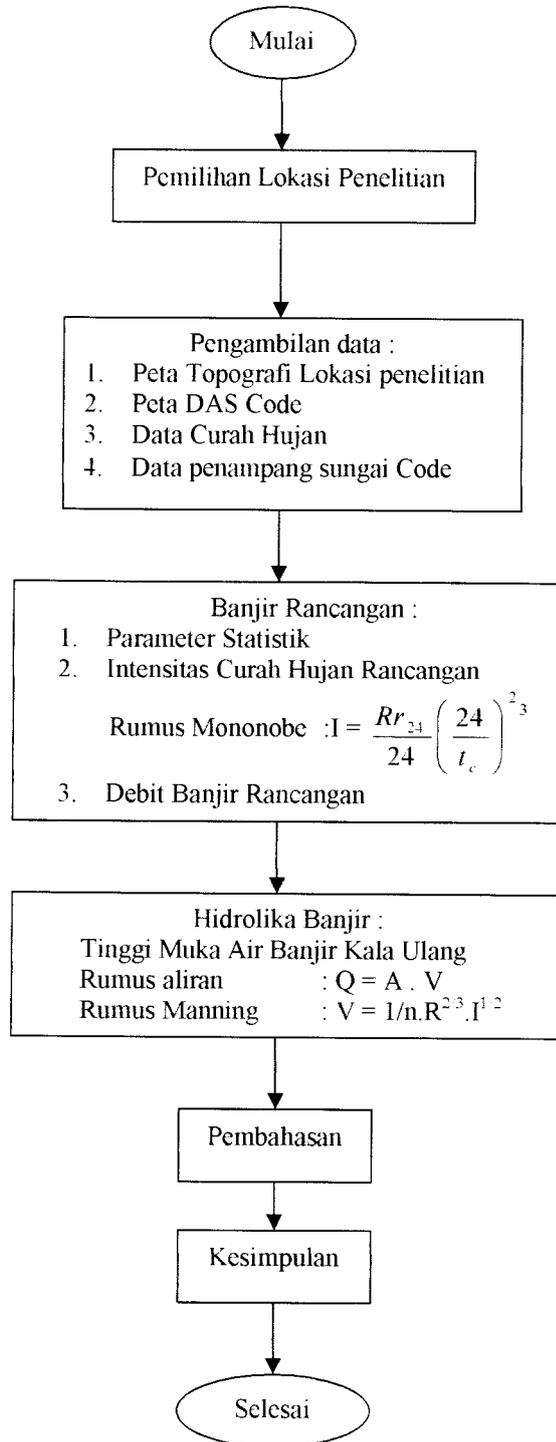
### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian adalah sungai Code, mulai dari penggal jembatan Sarjito sampai penggal Bendung Mergangsan, dengan panjang (L) sekitar 4800 meter, karena penggal sungai tersebut dianggap telah mewakili DAS Code pada daerah perkotaan Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada penggal sungai tersebut dibagi menjadi lima titik penelitian yaitu stasiun 1 di kalurahan Terban, stasiun 2 di Ledok Code kalurahan Kota Baru, stasiun 3 di Juminahan kalurahan Tegal Panggung, stasiun 4 di Purwokinanti kalurahan Gondomanan, dan stasiun 5 di Sayidan kalurahan Mergangsan. Gambar lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 pada Lampiran 1.

#### **3.2 Cara Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan cara gabungan (analitik matematik) yaitu dengan mengumpulkan data lapangan (data primer) dan data yang didapatkan dari instansi terkait (data sekunder) kemudian dianalisis, dan dihitung besarnya hujan rancangan, intensitas hujan, debit banjir rancangan, dan akhirnya dihitung tinggi banjir yang terjadi pada lokasi penelitian, bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bagan Alir (*Flow Chart*) Penelitian

### 3.3 Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ada dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapatkan langsung dari lapangan, yaitu data pengukuran langsung penampang melintang sungai pada setiap stasiun penelitian dengan menggunakan alat theodolit. Data sekunder adalah data yang didapatkan tidak secara langsung melalui pengamatan atau penelitian di lapangan, adapun data sekunder yang digunakan yaitu data curah hujan harian, peta topografi DAS Code, dan peta tata guna lahan DAS Code. Data sekunder diambil dari Balai Pusat Pengembangan Sumber Daya Air (BPPSDA) Yogyakarta, peta topografi DAS Code, dan peta tata guna lahan DAS Code dapat dilihat pada Gambar 3.3. pada Lampiran 2.

### 3.4 Persiapan Data

Persiapan data adalah proses pengolahan data dasar yaitu data yang didapatkan dari hasil pengamatan menjadi data yang siap digunakan sebagai data dalam proses perhitungan berikutnya. Data yang perlu disiapkan adalah data hujan merata, data hujan harian merata maksimum tahunan, data topografi, koefisien aliran, dan waktu konsentrasi. Dengan panjang sungai terukur di bendung Mergangsan adalah 34670 meter, luas DAS terukur di bendung Mergangsan adalah 35,71 Km<sup>2</sup>, elevasi DAS tertinggi +2000 meter dan elevasi terendah DAS adalah +100 meter maka dapat dihitung besarnya banjir rencana.

Data hujan yang digunakan adalah data hujan otomatis, karena dengan data hujan otomatis dapat diambil durasi pengukuran sesuai dengan kehendak dan dapat diketahui kapan mulai dan berakhirnya hujan. Stasiun hujan yang digunakan adalah stasiun hujan Kemptu, Prumpung, Angin-angin, dan Beran.

#### 1. Hujan Rerata

Data hujan yang didapatkan dari Balai Pusat Pengembangan Sumber Daya Air (BPPSDA) Yogyakarta adalah data hujan titik (*point rainfall*) sedangkan dalam perhitungan hujan rancangan yang diperlukan adalah data hujan merata daerah (*areal*

*rainfall*) sehingga perlu diubah terlebih dahulu agar menjadi data hujan rerata daerah. Untuk merubah data hujan titik menjadi data hujan rerata daerah digunakan cara Rerata Thyessen (*Thyessen Mean*), yaitu dengan anggapan bahwa setiap hujan dianggap telah mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu, dan luas tersebut merupakan faktor koreksi (*Weighting Factor*).

Karena data hujan pada setiap tahun tidak tersedia lengkap, maka faktor pembobot dihitung dengan poligon yang berbeda sesuai dengan stasiun hujan yang tersedia lengkap. Dengan mengambil luas DAS Code terukur di Mergangsan sebesar 35,71 Km<sup>2</sup>, maka perhitungan faktor pembobot pada setiap polygon dapat dilihat pada Tabel 3.1, sedangkan gambar poligon thiessen dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 3.1. Faktor pembobot (W) untuk setiap polygon Thiessen.

No	Stasiun yang digunakan	Luas (A) Km <sup>2</sup>	W (A / Atot)
1	Kemput	16,51	0,46
	Angin-angin	0,87	0,02
	Prumpung	8,17	0,23
	Beran	10,16	0,28
		<b>35,71</b>	<b>1</b>
2	Angin-angin	17,89	0,5
	Prumpung	8,12	0,23
	Beran	9,71	0,27
		<b>35,71</b>	<b>1</b>
3	Kemput	17,48	0,49
	Angin-angin	6,96	0,19
	Beran	11,28	0,32
		<b>35,71</b>	<b>1</b>
4	Kemput	17,57	0,49
	Angin-angin	0,84	0,02
	Prumpung	17,3	0,48
		<b>35,71</b>	<b>1</b>

No	Stasiun yang digunakan	Luas (A) Km <sup>2</sup>	W (A / Atot)
5	Kemput	17,86	0,49
	Prumpung	17,85	0,51
		<b>35,71</b>	<b>1</b>

## 2. Hujan Harian Rerata Daerah Maksimum Tahunan

Dari hasil pengolahan data hujan rerata diambil nilai hujan rerata dengan nilai tertinggi pada setiap tahun mulai dari tahun 1991 sampai tahun 2004, dan disebut dengan hujan harian rerata daerah maksimum tahunan yang kemudian data hujan harian rerata daerah maksimum tahunan digunakan dalam perhitungan hujan rancangan. Dari hasil perhitungan faktor pembobot diatas didapatkan hujan rerata daerah maksimum tahunan. Hujan harian rerata daerah maksimum tahunan dari tahun 1991 sampai dengan tahun 2004 berurutan adalah : 99,72; 89,61; 67,21; 67,18; 96,78; 82,43 ; 117,36; 73,69; 69,09; 112,91; 89,18; 104,18; 76,80; dan 75,68 mm.

## 3. Koefisien Aliran (c)

Nilai C adalah koefisien aliran, yang dipengaruhi oleh jenis tanah, tutup ( permukaan atas tanah ), dan kemiringan tanah. Sebagai arahan untuk menentukan koefisien aliran pada kala ulang tertentu, maka dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini :

Tabel 3.2, Koefisien aliran untuk metode Rasional

Tata Guna Lahan	C <sub>50</sub>	C <sub>100</sub>	C <sub>200</sub>	C <sub>500</sub>
Pemukiman	0,92	0,97	0,98	1
Sawah Irigasi	0,43	0,47	0,50	0,57
Semak / Alang-alang	0,37	0,41	0,44	0,53
Tanah Terbuka	0,44	0,47	0,50	0,58

Sumber : Chow V. T, 1988

Perhitungan koefisien aliran dengan kala ulang 50 tahun adalah sebagai berikut :

$$C = \sum \frac{(A_i x c_i)}{A_{total}}$$

$$C = \frac{(12,71 \times 0,92) + (14,52 \times 0,43) + (4,66 \times 0,37) + (3,82 \times 0,44)}{35,71}$$

$$C = 0,60$$

Maka digunakan C untuk kala ulang 50 tahun adalah 0,60. Dengan cara yang sama, maka koefisien aliran untuk setiap kala ulang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Koefisien Aliran Untuk Setiap Kala Ulang

Kala Ulang (Tahun)	C				C
	Pemukiman 12,71Km <sup>2</sup>	Sawah Irigasi 14,52 Km <sup>2</sup>	Semak 4,66 Km <sup>2</sup>	Tanah terbuka 3,82 Km <sup>2</sup>	
50	0,92	0,43	0,37	0,44	0,60
100	0,97	0,47	0,41	0,47	0,64
200	0,98	0,5	0,44	0,5	0,66
500	1	0,57	0,53	0,58	0,72

Koefisien aliran dihitung pada setiap kala ulang dengan koefisien aliran yang berbeda tergantung jenis tata guna lahan daerah. Luasan daerah aliran sungai dengan tata guna lahan yang berbeda akan sangat mempengaruhi besarnya koefisien aliran. Daerah aliran sungai Code teridentifikasi dalam beberapa macam penggunaan lahan yaitu pemukiman, sawah irigasi, alang-alang, dan tanah terbuka.

#### 4. Waktu Konsentrasi ( $t_c$ )

Sebelum menghitung nilai  $t_c$  maka perlu dihitung terlebih dahulu nilai  $i_t$  digunakan rumus Mononobe sebagai berikut :

$$i_t = \left( \frac{R_{24,T}}{24} \right) \left( \frac{24}{t} \right)^{2,3}$$

$t = t_c$  = Waktu konsentrasi, dapat dihitung dengan persamaan (Kirpich, 1940 dalam K. Subramanya, 1986)

$t = t_c$  = Waktu konsentrasi, dapat dihitung dengan persamaan (Kirpich,1940 dalam K. Subramanya, 1986)

$$t_c = 0,01947L^{0,77}S^{-0,385}$$

Dengan  $S$  adalah kemiringan dasar saluran, dapat dihitung dengan persamaan :

$$S = \frac{ElvA - ElvB}{L}$$

$$S = \frac{2000 - 100}{34670} = 0,0548' \text{ meter}$$

Dengan persamaan tersebut maka perhitungan nilai  $t_c$  adalah sebagai berikut :

$$t_c = 0,01947 \times 34670^{0,77} \times 0,0548^{-0,385}$$

$$t_c = 3,11 \text{ jam}$$

### 3.5. Analisis Data

Setelah semua data yang diperlukan terkumpul dan telah disiapkan untuk proses perhitungan, maka selanjutnya dilakukan analisis data. Data-data yang akan dianalisis dimaksudkan untuk memperoleh nilai hujan rancangan, intensitas hujan, banjir rancangan, dan hidrolika banjir. Untuk menghitung besarnya hujan rancangan maka harus diketahui terlebih dahulu besarnya parameter statistik, dan jenis sebaran yang akan digunakan.

#### 1. Parameter Statistik

Data yang digunakan dalam menentukan besarnya parameter statistik adalah data hujan harian rerata daerah maksimum tahunan. Perhitungan besarnya parameter statistik dapat dilihat pada tabel 3.4. seperti berikut :

Tabel 3.4 Perhitungan Parameter Statistik Hujan Rancangan

Tahun	R <sub>24</sub> Max	$X - \bar{X}$	$X - \bar{X}^2$	$X - \bar{X}^3$	$X - \bar{X}^4$
1991	99,72	12,45	154,93	1928,45	24003,73
1992	89,61	2,34	5,46	12,77	29,84
1993	67,21	-20,06	402,52	-8075,67	162020,93
1994	67,18	-20,09	403,72	-8111,95	162992,19
1995	96,78	9,51	90,39	859,31	8169,59
1996	82,43	-4,84	23,45	-113,58	550,06
1997	<b>117,36</b>	30,09	905,24	27235,97	819452,51
1998	73,69	-13,58	184,49	-2505,96	34038,04
1999	69,09	-18,18	330,62	-6011,55	109307,13
2000	112,91	25,64	657,26	16850,35	431994,77
2001	89,18	1,91	3,64	6,94	13,23
2002	104,18	16,91	285,85	4832,93	81711,07
2003	76,80	-10,47	109,68	-1148,67	12029,86
2004	75,68	-11,59	134,39	-1558,01	18061,84
<b>Jumlah</b>	<b>1221,82</b>	<b>0,00</b>	<b>3691,65</b>	<b>24201,33</b>	<b>1864374,79</b>

1. Hujan rerata data ( $\bar{X}$ )

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{1}{14} \times 1221,82 \\ &= 87,27\end{aligned}$$

2. Standar Deviasi (S)

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{3691,65}{(13)}} \\ S &= 16,85\end{aligned}$$

3. Koefisien Variasi (Cv)

$$\begin{aligned}Cv &= \frac{16,85}{87,27} \\ Cv &= 0,193\end{aligned}$$

4. Koefisien A Simetri (Cs)

$$C_s = \frac{14 \times 24201,33}{(13)(12) \cdot 16,85^3}$$

$$C_s = 0,454$$

5. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{14^2 \times 1864374,79}{(13)(12)(11) \times 16,85^4}$$

$$C_k = 2,64$$

### 3.5.1 Hujan Rancangan

Setelah diketahui besarnya parameter statistik maka dapat ditentukan jenis sebaran yang akan digunakan untuk menghitung besarnya hujan rancangan. Cara yang digunakan untuk menentukan jenis sebaran digunakan cara Sri Harto, cara tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Pemilihan Sebaran

Sebaran	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$	$C_s = 0,454$	Tidak dicoba
Gumbel's	$C_s = 1,1396$	$C_s = 0,454$	Tidak dicoba
LN2P	$C_s/C_v = 3$	$C_s/C_v = 2,352$	Dicoba
Log Person III	$C_s > 3$ atau $C_s < 0$	$C_s = 0,454$	Tidak dicoba

Sumber : Sri Harto, 1980

Dari hasil hitungan parameter statistik didapatkan nilai  $C_v = 0,193$ , dan nilai  $C_s = 0,454$  maka jenis sebaran yang paling mendekati adalah sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P). Perhitungan faktor frekuensi dengan persamaan Log Normal Dua Parameter untuk kala ulang (T) 50 tahun adalah sebagai berikut :

$$k_T = \frac{e^{\frac{[\ln(1+Cv^2)]^2 Z - \frac{1}{2}[\ln(1-Cv^2)]}{2}} - 1}{Cv}$$

$$k_{50} = \frac{e^{\frac{[\ln(1-0,193^2)]^2 2,05 - \frac{1}{2}[\ln(1+0,193^2)]}{0,193}} - 1}{0,193} = 2,35$$

Dengan cara yang sama maka hasil hitungan faktor frekuensi dapat dilihat pada Tabel 3.6. seperti berikut :

Tabel 3.6. Perhitungan Faktor Frekuensi berdasar Sebaran Log Normal Dua Parameter

Kala Ulang (T)	P	Z ( tabel )	K <sub>T</sub>
50	0,9800	2,05	2,35
100	0,9900	2,33	2,76
200	0,9950	2,58	3,15
500	0,9980	2,88	3,64

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan jenis sebaran yang digunakan adalah Log Normal Dua Parameter (LN2P), sehingga hujan rancangan kala ulang T tahun. Setelah didapatkan nilai K<sub>T</sub> maka dapat dihitung besarnya hujan rancangan, hitungan besarnya hujan rancangan untuk kala ulang 50 tahun adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} R_{50} &= R_{r24} + K_T \times I \\ &= 87,27 + 2,35 \times 16,85 \\ &= 126,835 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, besarnya hujan rancangan dengan kala ulang 100 tahun, 200 tahun, dan 500 tahun dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Penentuan Hujan Rancangan dengan cara LN2P

Kala Ulang (T)	R <sub>24</sub> (mm)	I	K <sub>T</sub>	R <sub>T</sub> (mm)
50	87,27	16,85	2,35	126,835
100	87,27	16,85	2,76	133,814
200	87,27	16,85	3,15	140,368
500	87,27	16,85	3,64	148,659

### 3.5.2 Analisis Intensitas Hujan

Setelah dihitung besarnya hujan rancangan dengan kala ulang tertentu maka selanjutnya dihitung besarnya intensitas hujan. Perhitungan besarnya intensitas hujan untuk kala ulang 50 tahun dengan menggunakan persamaan Mononobe adalah sebagai berikut :

$$i_T = \left( \frac{R_{24,T}}{24} \right) \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$i_{50} = \left( \frac{126,835}{24} \right) \left( \frac{24}{3,11} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$i_{50} = 20,80 \text{ mm / jam}$$

Dengan cara yang sama maka intensitas hujan dengan kala ulang 100, 200, dan 500 tahun dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Perhitungan Intensitas Hujan

T	T <sub>c</sub>	i <sub>T</sub> (mm/jam)
50	3,11	20,80
100	3,11	21,90
200	3,11	23,00
500	3,11	24,40

### 3.5.3 Analisis Banjir Rancangan

Dalam penetapan debit banjir rancangan hendaknya ditetapkan tidak terlalu kecil, agar jangan sering terjadi bahaya banjir yang dapat merusak bangunan atau daerah sekitar oleh debit banjir yang lebih besar dari rencana. Untuk itu besar debit banjir rancangan ditetapkan dengan kala ulang tertentu. Pada penelitian akan dihitung banjir rencana kala ulang 50 tahun, 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun dengan cara Rasional. Besarnya banjir rancangan dengan cara Rasional dapat dilihat pada perhitungan seperti berikut.

$$Q_T = CxI_{t,T} x A$$

$$Q_{50} = \frac{1}{3,6} (0,60x20,8x35,71)$$

$$Q_T = 123,22' m^3 / dtk$$

Dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas, maka besarnya banjir rancangan untuk kala ulang 100 tahun, 200 tahun, dan 500 tahun dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Banjir Rancangan dengan Kala Ulang T tahun

Kala Ulang ( Tahun )	C	It (mm/jam)	A (Km <sup>2</sup> )	Q <sub>T</sub> (m <sup>3</sup> /dtk)
50	0,60	20,8	35,71	123.22
100	0,64	21,9	35,71	139.24
200	0,66	23,0	35,71	151.29
500	0,72	24,4	35,71	173,73

### 3.5.4 Hidrolika Banjir

Tinggi muka air banjir sungai dihitung dengan persamaan aliran pada kondisi tunak seragam dan dipakai cara Rumus Kecepatan Manning's untuk menghitung tinggi banjir yang akan terjadi dan memperkirakan bahaya banjir bagi masyarakat sekitar tempat penelitian atau tidak. Untuk menentukan tinggi muka air banjir maka

perlu diketahui besarnya angka kekasaran saluran, penampang basah permukaan saluran, dan kemiringan dasar saluran untuk masing-masing penggal (stasiun). Angka kekasaran sungai digunakan angka kekasaran Manning, dapat dilihat pada lampiran Tabel 2.5. Untuk menghitung tinggi muka air digunakan persamaan 2.31. Perhitungan tinggi muka air pada setiap stasiun penelitian dapat dilihat seperti berikut.

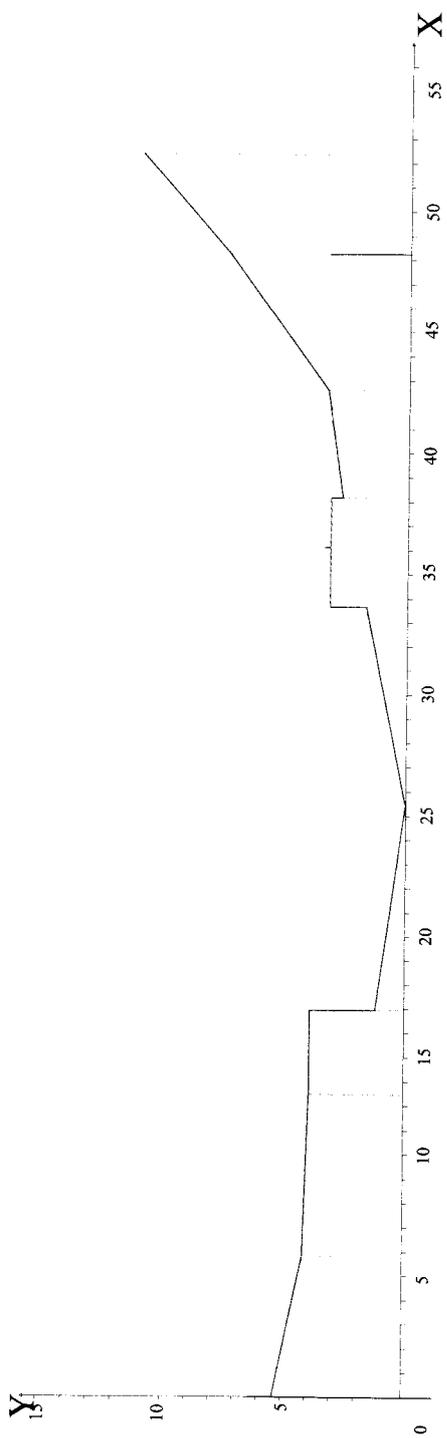
### 1. Stasiun 1, Kalurahan Terban.

Kondisi lokasi penelitian pada stasiun 1 dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3.4. Sungai Code Stasiun 1

Dari hasil pengukuran pada stasiun 1, maka dapat dibuat gambar penampang sungai pada stasiun 1 adalah seperti terlihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut :



Gambar 3.5. Penampang melintang sungai Code Stasiun 1

Karena permukaan dasar sungai adalah batu kerikil dan pasir (alami) maka diambil nilai  $n_1 = 0,023$ , dan untuk dinding saluran adalah pasangan batu kali (buatan), maka diambil nilai  $n_2 = 0,033$ .

a. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 1 untuk kala ulang 50 tahun.

Dicoba  $h = 2,5$  meter, maka

$$P = 1,313 + 8,55 + 8,41 + 0,8659$$

$$= 19,1389 \text{ meter}$$

$$A = 29,973 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(110 - 108)}{1000}$$

$$I = 0,002 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00053 \times 16,97) + (0,00109 \times 1,1789)}{19,1389}}$$

$$n = 0,0237$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,0237} \times \frac{29,973}{19,1389}^{\frac{2}{3}} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = (29,973) \times \left( \frac{1}{0,0237} \times \frac{29,973}{19,1389}^{\frac{2}{3}} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$Q = 76,27 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow \text{Belum sesuai dengan hitungan banjir rancangan}$$

$Q_{50}$ , maka harus diulang lagi.

Dicoba  $h = 3,26$  meter, maka

$$P = 2,07 + 8,55 + 8,41 + 1,51 + 4,58 + 0,49 + 4,37 + 0,4$$

$$= 30,38 \text{ meter}$$

$$A = 42,41 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(110 - 108)}{1000}$$

$$I = 0,002 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 2,07) + (0,00053 \times 16,96) + (0,00109 \times 6,09) + (0,00123 \times 5,26)}{30,38}}$$

$$n = 0,019$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,019} \times \frac{42,41^{\frac{2}{3}}}{30,38} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (42,41) \times \left( \frac{1}{0,019} \times \frac{42,41^{\frac{2}{3}}}{30,38} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{50} = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 50 tahun adalah 3,26 meter.

b. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 1 untuk kala ulang 100 tahun.

Dicoba h = 3,32 meter, maka

$$P = 2,075 + 8,55 + 8,41 + 1,51 + 4,58 + 0,49 + 4,37 + 0,4$$

$$= 30,41 \text{ meter}$$

$$A = 45,615 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(110 - 108)}{1000}$$

$$I = 0,002 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 2,0752) + (0,00053 \times 16,96) + (0,00109 \times 6,09) + (0,00123 \times 5,26)}{30,41}}$$

$$n = 0,019$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,019} \times \frac{45,61^{\frac{2}{3}}}{30,41} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (45,61) \times \left( \frac{1}{0,019} \times \frac{45,61^{\frac{2}{3}}}{30,41} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{100} = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 100 tahun adalah 3,32 meter.

c. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 1 untuk kala ulang 200 tahun.

Dicoba h = 3,35 meter, maka

$$P = 2,07 + 8,55 + 8,41 + 1,51 + 4,58 + 0,49 + 4,37 + 0,74 \\ = 30,72 \text{ meter}$$

$$A = 47,98 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(110 - 108)}{1000}$$

$$I = 0,002 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 2,075) + (0,00053 \times 16,96) + (0,00109 \times 6,09) + (0,00123 \times 5,6)}{30,72}}$$

$$n = 0,019$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,019} \times \frac{47,98^{\frac{2}{3}}}{30,72} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (47,98)x\left(\frac{1}{0,019}x\frac{47,98^{\frac{2}{3}}}{30,72}x0,002^{\frac{1}{2}}\right)$$

$Q = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk}$  → Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{200} = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 200 tahun adalah 3,35 meter.

d. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 1 untuk kala ulang 500 tahun.

Dicoba h = 3,37 meter, maka

$$P = 2,38+8,55+8,41+1,51+4,58+0,49+4,37+0,87$$

$$= 31,16 \text{ meter}$$

$$A = 52,663 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(110 - 108)}{1000}$$

$$I = 0,002 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123x2,38) + (0,00053x16,96) + (0,00109x6,09) + (0,00123x5,73)}{31,16}}$$

$$n = 0,019$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,019} x \frac{52,663^{\frac{2}{3}}}{31,16} x 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

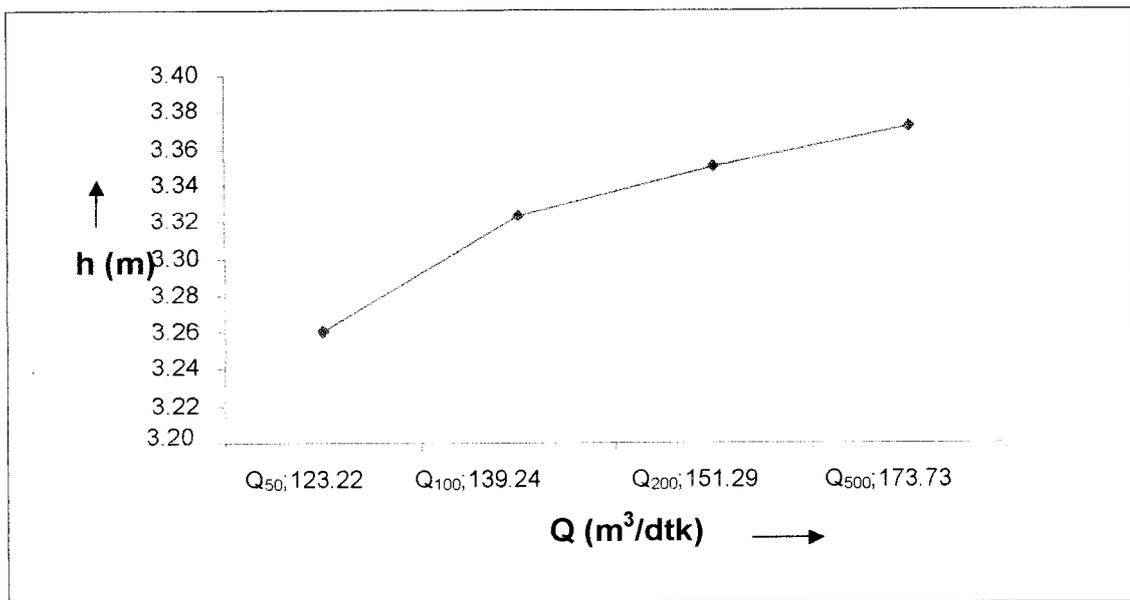
$$Q = (52,663)x\left(\frac{1}{0,019}x\frac{52,663^{\frac{2}{3}}}{31,16}x0,002^{\frac{1}{2}}\right)$$

$Q = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$  → Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{500} = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 500 tahun adalah 3,37 meter.

$$Q = (52,663) \times \left( \frac{1}{0,019} \times \frac{52,663^{\frac{2}{3}}}{31,16} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$  → Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{500} = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 500 tahun adalah 3,37 meter.

Dari hasil hitungan tinggi muka air pada stasiun 1 pada kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun dapat dibuat grafik hubungan  $Q_T$  dengan  $h_T$  seperti terlihat pada Gambar Grafik 3.6. seperti berikut.



Gambar 3.6. Grafik Hubungan Q dan h pada Stasiun 1

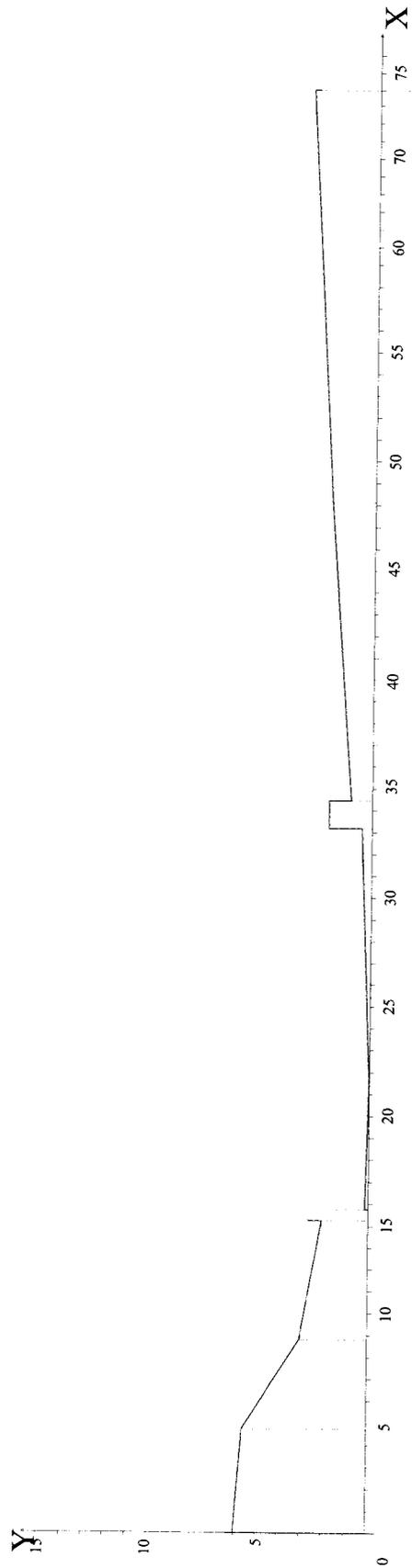
## 2. Stasiun 2, Ledok Code Kalurahan Kota Baru.

Kondisi lokasi penelitian pada stasiun 2 dapat dilihat pada Gambar 3.7. sebagai berikut :



Gambar 3.7. Sungai Code Stasiun 2

Dari hasil pengukuran pada stasiun 2, maka dapat dibuat gambar penampang sungai pada stasiun 2 adalah seperti terlihat pada Gambar 3.8. sebagai berikut :



Gambar 3.8. Penampang melintang sungai Code Stasiun 2

Karena permukaan dasar sungai adalah batu kerikil dan pasir (alami) maka diambil nilai  $n_1 = 0,023$ , dan untuk dinding saluran adalah pasangan batu kali (buatan) maka diambil nilai  $n_2 = 0,033$ , dan untuk dataran banjir  $n_3 = 0,35$ .

a. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 2 untuk kala ulang 50 tahun.

Dicoba  $h = 2,5$  meter, maka

$$P = 2,36 + 5,72 + 11,77 + 1,27 + 1,49 + 1 + 13,73 + 10,04$$

$$= 47,36 \text{ meter}$$

$$A = 59,634 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(108 - 105)}{1000}$$

$$I = 0,003 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00109 \times 2,36) + (0,00053 \times 17,49) + (0,00123 \times 26,499)}{47,36}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,031} \times \frac{59,634^{\frac{2}{3}}}{47,36} \times 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (59,634) \times \left( \frac{1}{0,031} \times \frac{59,634^{\frac{2}{3}}}{47,36} \times 0,003^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{50} = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 50 tahun adalah 2,5 meter.

b. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 2 untuk kala ulang 100 tahun.

Dicoba  $h = 2,67$  meter, maka

$$P = 2,57+5,72+11,771+1,27+1,495+1+13,65+10,04$$

$$= 51,171 \text{ meter}$$

$$A = 66,585 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(108 - 105)}{1000}$$

$$I = 0,003 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00109 \times 2,57) + (0,00053 \times 17,49) + (0,00123 \times 26,419)}{51,171}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,31} \times \frac{66,585^{\frac{2}{3}}}{51,171} \times 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (66,585) \times \left( \frac{1}{0,31} \times \frac{66,585^{\frac{2}{3}}}{51,171} \times 0,003^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{100} = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 100 tahun adalah 2,67 meter.

c. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 2 untuk kala ulang 200 tahun.

Dicoba h = 2,8 meter, maka

$$P = 2,57+5,72+11,771+1,27+1,495+1+4,138+10,04$$

$$= 57,119 \text{ meter}$$

$$A = 73,71 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(108 - 105)}{1000}$$

$$I = 0,003 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00109 \times 2,57) + (0,00053 \times 17,491) + (0,00123 \times 16,907)}{57,119}}$$

$$n = 0,32$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,032} \times \frac{73,71^{\frac{2}{3}}}{57,119} \times 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (73,71) \times \left( \frac{1}{0,032} \times \frac{73,71^{\frac{2}{3}}}{57,119} \times 0,003^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk}$  → Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{200} = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 200 tahun adalah 2,8 meter.

d. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 2 untuk kala ulang 500 tahun.

Dicoba h = 2,97 meter, maka

$$\begin{aligned} P &= 5,117 + 5,72 + 11,771 + 1,27 + 1,495 + 1 + 15,9 + 10,04 \\ &= 71,67 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$A = 82,87 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(108 - 105)}{1000}$$

$$I = 0,003 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00109 \times 5,117) + (0,00053 \times 17,491) + (0,00123 \times 28,669)}{71,67}}$$

$$n = 0,29$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

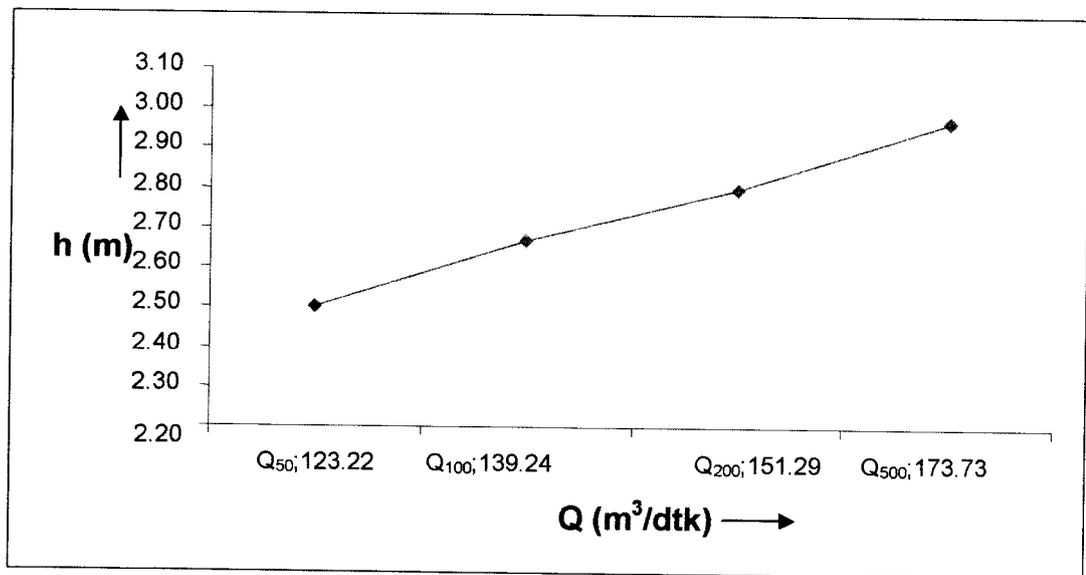
$$V = \frac{1}{0,029} \times \frac{82,87^{\frac{2}{3}}}{71,67} \times 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (82,87) \times \left( \frac{1}{0,029} \times \frac{82,87^{\frac{2}{3}}}{71,67} \times 0,003^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$  → Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{500} = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 500 tahun adalah 2,97 meter.

Dari hasil hitungan tinggi muka air pada stasiun 2 pada kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun dapat dibuat grafik hubungan  $Q_T$  dengan  $h_T$  seperti terlihat pada Gambar Grafik 3.9. seperti berikut :



Gambar 3.9. Grafik Hubungan Q dan h pada Stasiun 2

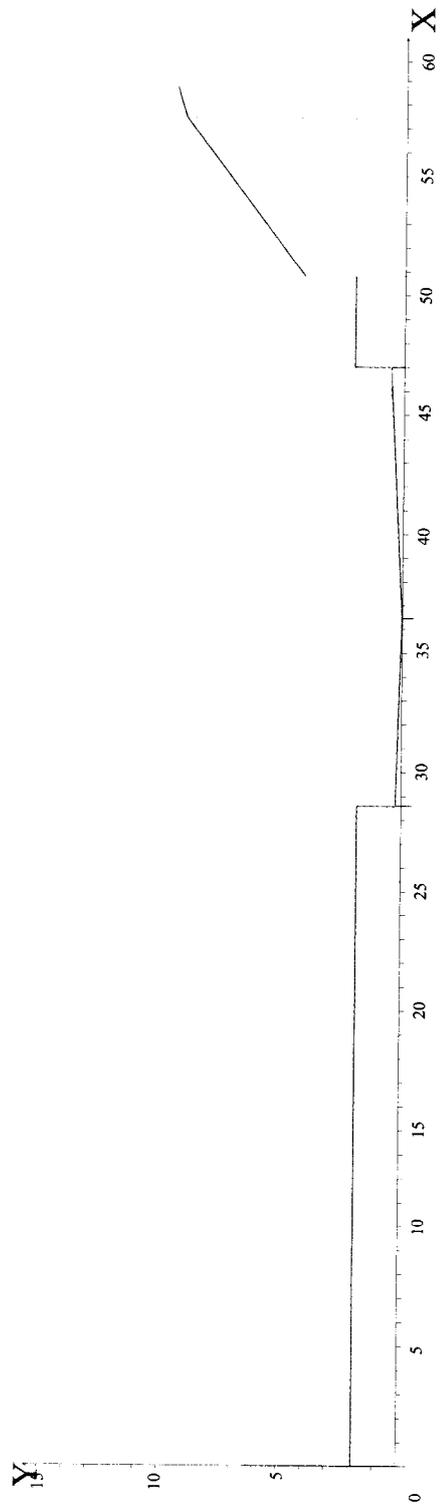
### 3. Stasiun 3

Kondisi lokasi penelitian pada stasiun 3 dapat dilihat pada Gambar 3.10. sebagai berikut :



Gambar 3.10. Sungai Code Stasiun 3

Dari hasil pengukuran pada stasiun 3, maka dapat dibuat gambar penampang sungai pada stasiun 3 adalah seperti terlihat pada Gambar 3.11. sebagai berikut :



Gambar 3.1.1. Penampang melintang sungai Code Stasiun 3

Karena permukaan dasar sungai adalah batu kerikil dan pasir (alami) maka diambil nilai  $n_1 = 0,023$ , dan untuk dinding saluran adalah pasangan batu kali (buatan) maka diambil nilai  $n_2 = 0,033$ , dan untuk dataran banjir  $n_3 = 0,35$ .

a. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 3 untuk kala ulang 50 tahun.

Dicoba  $h = 2,28$  meter, maka

$$P = 27,6 + 1,53 + 7,86 + 10,559 + 1,73 + 3,8$$

$$= 53,079 \text{ meter}$$

$$A = 53,876 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(105 - 100)}{1000}$$

$$I = 0,005 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 27,6) + (0,00109 \times 1,6) + (0,00053 \times 18,419) + (0,00109 \times 1,452)}{53,079}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,031} \times \frac{53,876^{\frac{2}{3}}}{53,079} \times 0,005^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (53,876) \times \left( \frac{1}{0,031} \times \frac{53,876^{\frac{2}{3}}}{53,079} \times 0,005^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{50} = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 50 tahun adalah 2,28 meter.

b. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 3 untuk kala ulang 100 tahun.

Dicoba  $h = 2,31$  meter, maka

$$P = 27,6 + 1,53 + 7,86 + 10,559 + 1,76 + 3,8$$

$$= 53,109 \text{ meter}$$

$$A = 56,395 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(105 - 100)}{1000}$$

$$I = 0,005 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 27,6) + (0,00109 \times 1,6) + (0,00053 \times 18,419) + (0,00109 \times 1,452)}{53,109}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,31} \times \frac{56,395^{\frac{2}{3}}}{53,109} \times 0,005^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (56,395) \times \left( \frac{1}{0,31} \times \frac{56,395^{\frac{2}{3}}}{53,109} \times 0,005^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{100} = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 100 tahun adalah 2,31 meter.

c. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 3 untuk kala ulang 200 tahun.

Dicoba h = 2,40 meter, maka

$$P = 27,6 + 1,53 + 7,86 + 10,559 + 1,94 + 3,8$$

$$= 53,263 \text{ meter}$$

$$A = 61,013 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(105 - 100)}{1000}$$

$$I = 0,005 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 27,6) + (0,00109 \times 1,6) + (0,00053 \times 18,419) + (0,00109 \times 1,914)}{53,263}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,031} \times \frac{61,013^{\frac{2}{3}}}{53,263} \times 0,005^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = (61,013) \times \left( \frac{1}{0,031} \times \frac{61,013^{\frac{2}{3}}}{53,263} \times 0,005^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{200} = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 200 tahun adalah 2,40 meter.

d. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 3 untuk kala ulang 500 tahun.

Dicoba  $h = 2,70$  meter, maka

$$\begin{aligned} P &= 27,6 + 1,53 + 7,86 + 10,559 + 2,15 + 3,8 \\ &= 53,499 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$A = 66,41 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(105 - 100)}{1000}$$

$$I = 0,005 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 27,6) + (0,00109 \times 1,6) + (0,00053 \times 18,419) + (0,00109 \times 2,15)}{53,499}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

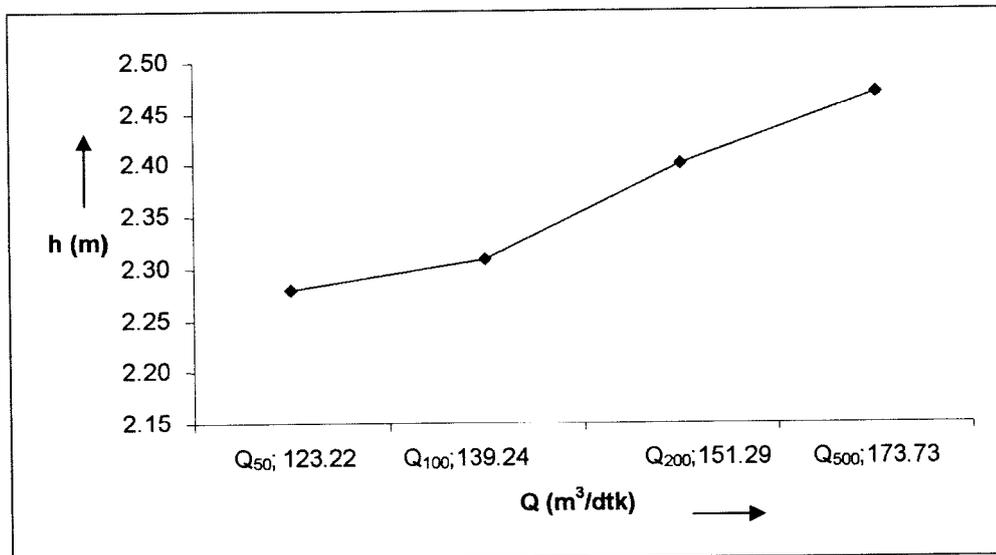
$$V = \frac{1}{0,031} \times \frac{66,41^{\frac{2}{3}}}{53,499} \times 0,005^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (66,41) \times \left( \frac{1}{0,031} \times \frac{66,41^{\frac{2}{3}}}{53,499} \times 0,005^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$  → Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{500} = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 500 tahun adalah 2,47 meter.

Dari hasil hitungan tinggi muka air pada stasiun 3 pada kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun maka dapat dibuat grafik hubungan  $Q_T$  dengan  $h_T$  seperti terlihat pada Gambar Grafik 3.12.



Gambar 3.12. Grafik Hubungan Q dan h pada Stasiun 3

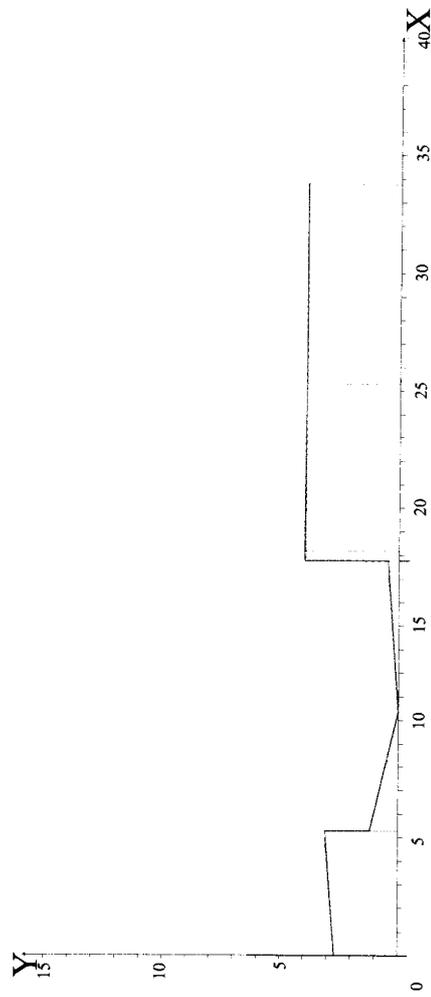
#### 4. Stasiun 4, Purwokinanti Kalurahan Gondomanan.

Kondisi lokasi penelitian pada stasiun 4 dapat dilihat pada Gambar 3.13. sebagai berikut :



Gambar 3.13. Sungai Code Stasiun 4

Dari hasil pengukuran pada stasiun 4, maka dapat dibuat gambar penampang sungai pada stasiun 4 adalah seperti terlihat pada Gambar 3.14. sebagai berikut :



Gambar 3.14. Penampang melintang sungai Code Stasiun 4

Karena permukaan dasar sungai adalah batu kerikil dan pasir (alami) maka diambil nilai  $n_1 = 0,023$ , dan untuk dinding saluran adalah pasangan batu kali (buatan) maka diambil nilai  $n_2 = 0,033$ , dan untuk dataran banjir  $n_3 = 0,35$ .

a. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 4 untuk kala ulang 50 tahun.

Dicoba  $h = 3,90$  meter, maka

$$P = 5,30 + 1,88 + 5,22 + 2,837 + 3,47$$

$$= 18,71 \text{ meter}$$

$$A = 46,825 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(100 - 98)}{1000}$$

$$I = 0,002 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 5,30) + (0,00109 \times 1,88) + (0,00053 \times 8,057) + (0,00109 \times 3,47)}{18,71}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,31} \times \frac{46,825^{\frac{2}{3}}}{18,71} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (46,825) \times \left( \frac{1}{0,31} \times \frac{46,825^{\frac{2}{3}}}{18,71} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk}$  → Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{50} = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 50 tahun adalah 3,90 meter.

b. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 4 untuk kala ulang 100 tahun.

Dicoba  $h = 4,03$  meter, maka

$$P = 5,30 + 1,88 + 5,22 + 2,837 + 3,501$$

$$= 18,75 \text{ meter}$$

$$A = 50,428 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(100 - 98)}{1000}$$

$$I = 0,002 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 5,30) + (0,00109 \times 1,88) + (0,00053 \times 8,057) + (0,00109 \times 3,50)}{18,75}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,31} \times \frac{50,428^{\frac{2}{3}}}{18,75} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (50,428) \times \left( \frac{1}{0,31} \times \frac{50,428^{\frac{2}{3}}}{18,75} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{100} = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 100 tahun adalah 4,03 meter.

c. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 4 untuk kala ulang 200 tahun.

Dicoba h = 4,10 meter, maka

$$P = 5,30 + 1,88 + 5,22 + 2,837 + 3,50$$

$$= 18,76 \text{ meter}$$

$$A = 52,996 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(100 - 98)}{1000}$$

$$I = 0,002 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 5,30) + (0,00109 \times 1,88) + (0,00053 \times 8,057) + (0,00109 \times 3,50)}{18,76}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,031} \times \frac{52,996^{\frac{2}{3}}}{18,76} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = (52,996) \times \left( \frac{1}{0,031} \times \frac{52,996^{\frac{2}{3}}}{18,76} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{200} = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 200 tahun adalah 4,10 meter.

d. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 4 untuk kala ulang 500 tahun.

Dicoba h = 4,26 meter, maka

$$P = 5,30 + 1,88 + 5,22 + 2,837 + 3,51$$

$$= 18,75 \text{ meter}$$

$$A = 57,573 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(100 - 98)}{1000}$$

$$I = 0,002 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00123 \times 5,30) + (0,00109 \times 1,88) + (0,00053 \times 8,057) + (0,00109 \times 3,51)}{18,75}}$$

$$n = 0,31$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

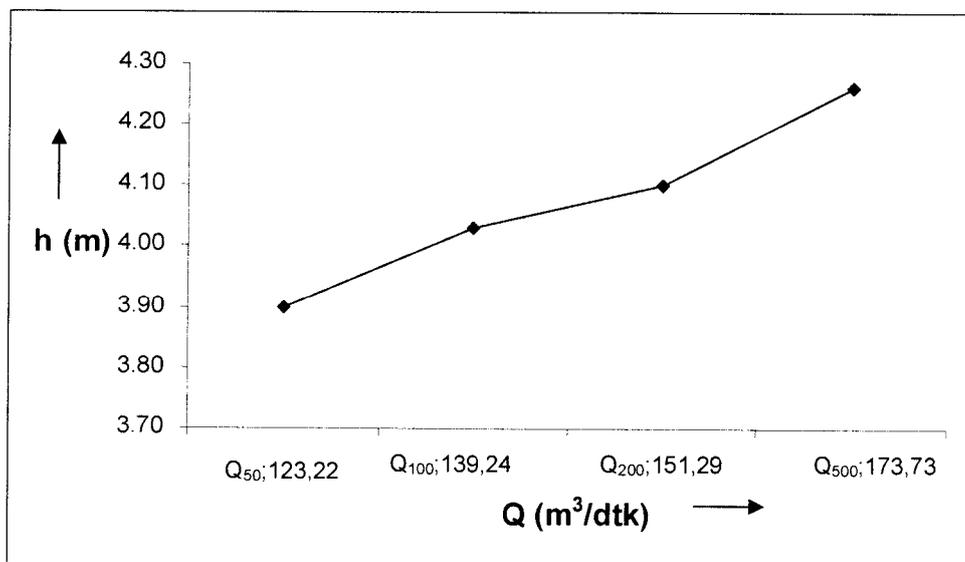
$$V = \frac{1}{0,031} \times \frac{57,573^{\frac{2}{3}}}{18,75} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (57,573) \times \left( \frac{1}{0,031} \times \frac{57,573^{\frac{2}{3}}}{18,75} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$  → Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{500} = 173,73 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 500 tahun adalah 4,26 meter.

Dari hasil hitungan tinggi muka air pada stasiun 1 pada kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun maka dapat dibuat grafik hubungan  $Q_T$  dengan  $h_T$  seperti terlihat pada Gambar Grafik 3.15.



Gambar 3.15. Grafik Hubungan Q dan h pada Stasiun 4

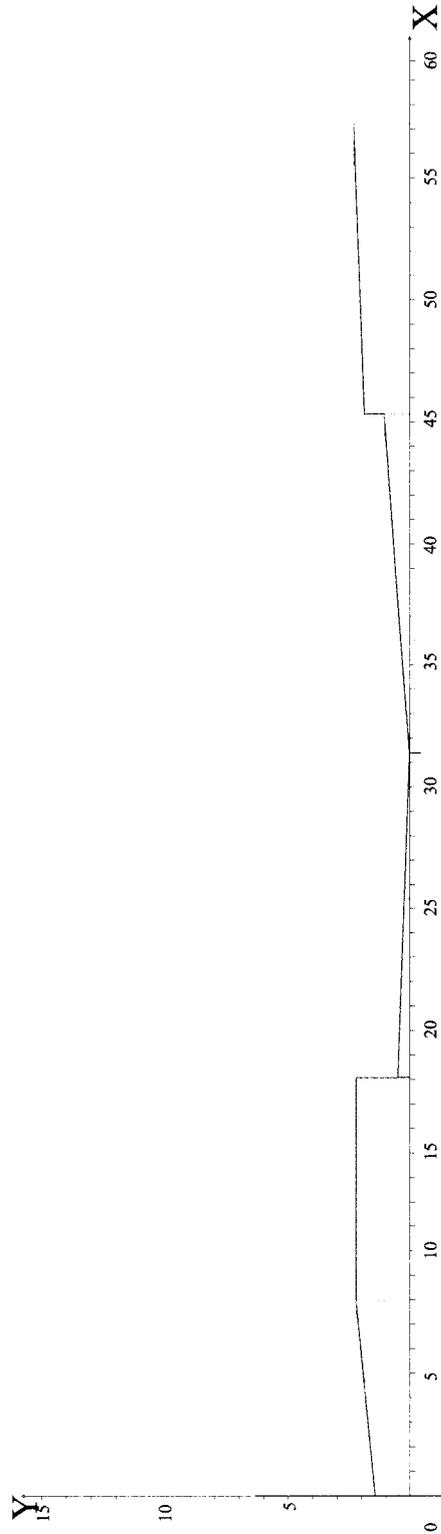
**5. Stasiun 5, Sayidan Kalurahan Mergangsan.**

Kondisi lokasi penelitian pada stasiun 5 dapat dilihat pada Gambar 3.16 sebagai berikut :



Gambar 3.16. Sungai Code Stasiun 5

Dari hasil pengukuran pada stasiun 5, maka dapat dibuat gambar penampang sungai pada stasiun 5 adalah seperti terlihat pada Gambar 3.17. sebagai berikut :



Gambar 3.17. Penampang melintang sungai Code Stasiun 5

Karena permukaan dasar sungai adalah batu kerikil dan pasir (alami) maka diambil nilai  $n_1 = 0,023$ , dan untuk dinding saluran adalah pasangan batu kali (buatan) maka diambil nilai  $n_2 = 0,033$ , dan untuk dataran banjir  $n_3 = 0,35$ .

a. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 5 untuk kala ulang 50 tahun.

Dicoba  $h = 1,85$  meter, maka

$$\begin{aligned} P &= 1,37 + 13,31 + 13,98 + 0,78 \\ &= 29,44 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$A = 42,196 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(98 - 95)}{1000}$$

$$I = 0,003 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00109 \times 1,37) + (0,00053 \times 27,29) + (0,00109 \times 0,78)}{29,44}}$$

$$n = 0,024$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,024} \times \frac{42,196^{\frac{2}{3}}}{29,44} \times 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (42,196) \times \left( \frac{1}{0,024} \times \frac{42,196^{\frac{2}{3}}}{29,44} \times 0,003^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{50} = 123,22 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 50 tahun adalah 1,85 meter.

b. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 5 untuk kala ulang 100 tahun.

Dicoba  $h = 1,93$  meter, maka

$$P = 1,37+13,31+13,98+0,83$$

$$= 29,55 \text{ meter}$$

$$A = 45,515 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(98 - 95)}{1000}$$

$$I = 0,003 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00109 \times 1,37) + (0,00053 \times 27,29) + (0,00109 \times 0,83)}{29,55}}$$

$$n = 0,24$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,24} \times \frac{45,515^{\frac{2}{3}}}{29,55} \times 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (45,515) \times \left( \frac{1}{0,24} \times \frac{45,515^{\frac{2}{3}}}{29,55} \times 0,003^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$  Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{100} = 139,24 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 100 tahun adalah 1,93 meter.

c. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 5 untuk kala ulang 200 tahun.

Dicoba h = 1,98 meter, maka

$$P = 1,37+13,31+13,98+0,91$$

$$= 29,70 \text{ meter}$$

$$A = 47,997 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(98 - 95)}{1000}$$

$$I = 0,003 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00109 \times 1,37) + (0,00053 \times 27,29) + (0,00109 \times 0,91)}{29,70}}$$

$$n = 0,24$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,024} \times \frac{47,997^{\frac{2}{3}}}{29,70} \times 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AxV$$

$$Q = (42,196) \times \left( \frac{1}{0,024} \times \frac{47,997^{\frac{2}{3}}}{29,70} \times 0,003^{\frac{1}{2}} \right)$$

$Q = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk}$  → Sesuai dengan hitungan banjir rancangan  $Q_{200} = 151,29 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , maka tinggi (h) air untuk kala ulang 200 tahun adalah 1,98 meter.

d. Perhitungan tinggi muka air pada stasiun 5 untuk kala ulang 500 tahun.

Dicoba h = 2,00 meter, maka

$$P = 1,37 + 13,31 + 13,98 + 2,2$$

$$= 31,2 \text{ meter}$$

$$A = 53,768 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(98 - 95)}{1000}$$

$$I = 0,003 \text{ meter}$$

$$n = \sqrt{\frac{(0,00109 \times 1,37) + (0,00053 \times 27,29) + (0,00109 \times 2,20)}{31,2}}$$

$$n = 0,24$$

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan di sepanjang daerah aliran sungai Code, yaitu mulai dari jembatan Sarjito sampai bendung Mergangsan yang membelah kota Yogyakarta dan telah dianggap mewakili wilayah DAS Code yang melalui daerah perkotaan. Dari hasil analisis data maka didapatkan hasil penelitian pada masing-masing titik penelitian yaitu sebagai berikut :

##### a. Stasiun 1, Kalurahan Terban.

Dari hasil analisis data pada stasiun 1 maka didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

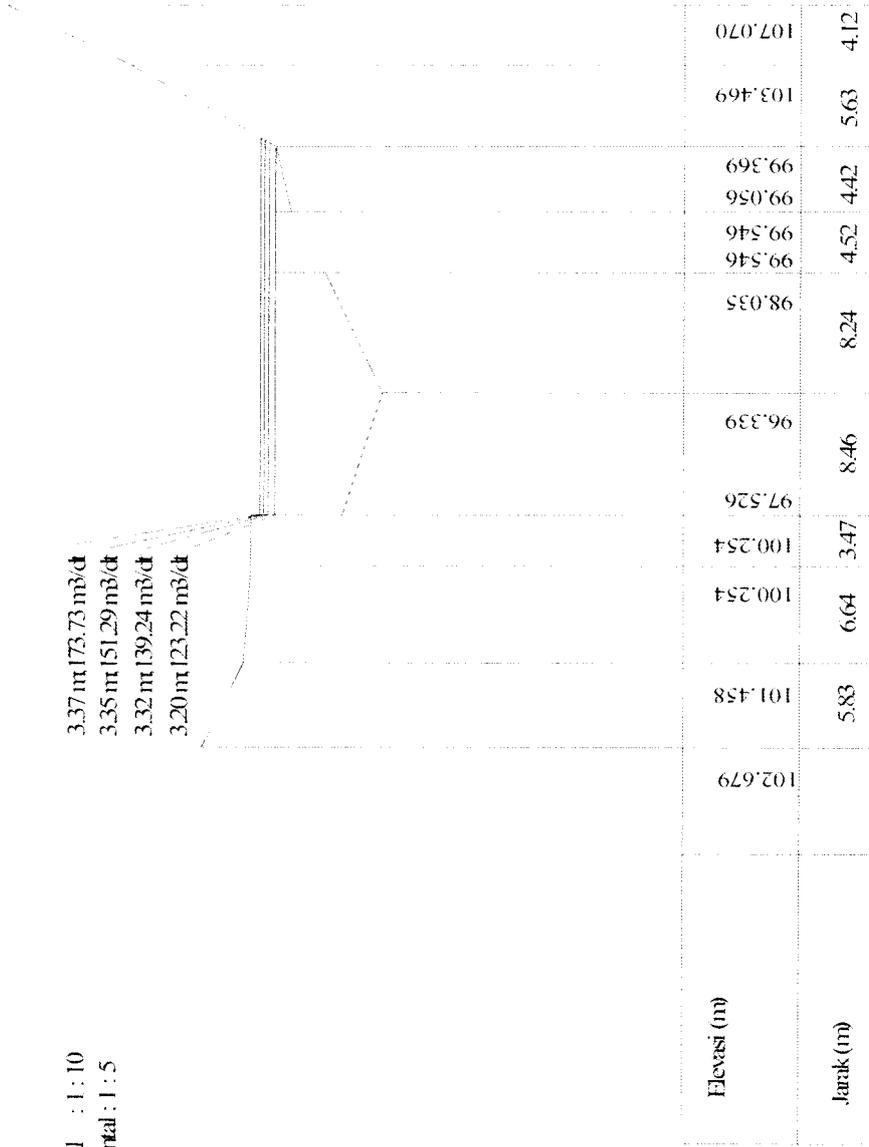
Tabel 4.1 Hubungan antara Debit Banjir Rancangan dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 1 (satu)

Kala ulang, T (th)	$Q_T$ ( $m^3/dt$ )	Tinggi Muka Air (m)	Elv. Tebing Kiri	Elv. Tebing Kanan	Keterangan
50	123,22	+ 3,26	+ 2,73	+ 1,51	Banjir
100	139,24	+ 3,32	+ 2,73	+ 1,51	Banjir
200	151,29	+ 3,35	+ 2,73	+ 1,51	Banjir
500	173,73	+ 3,37	+ 2,73	+ 1,51	Banjir

Sehingga dari Tabel 4.1 dapat diplotkan pada gambar penampang sungai Code pada stasiun 1, seperti pada Gambar 4.1.

Skala Vertikal : 1 : 10  
 Skala Horizontal : 1 : 5

3.37 m | 73.73 m<sup>3</sup>/d  
 3.35 m | 51.29 m<sup>3</sup>/d  
 3.32 m | 39.24 m<sup>3</sup>/d  
 3.20 m | 23.22 m<sup>3</sup>/d



**Gambar 4.1. Tinggi Muka Air Pada Stasiun 1**

b. Stasiun 2, Ledok Code Kalurahan Kota Baru.

Dari hasil analisis data pada stasiun 2 maka didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

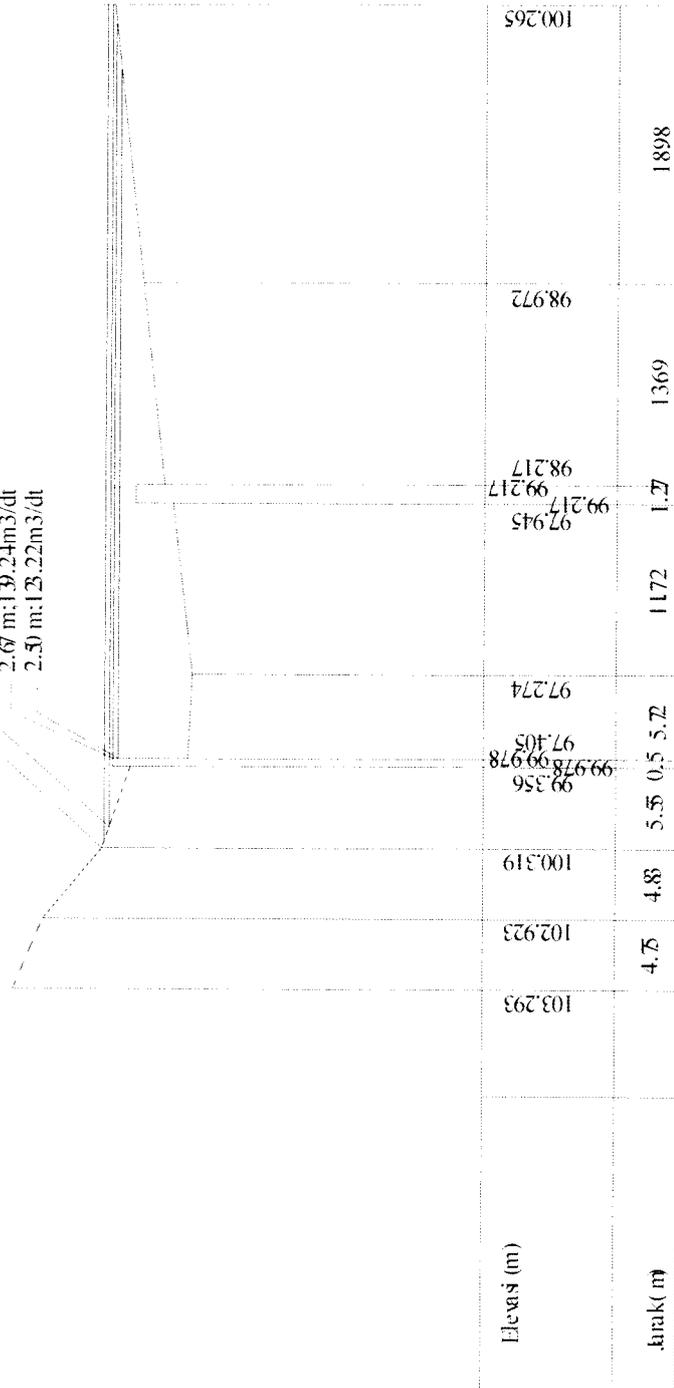
Tabel 4.2 Hubungan antara Debit Banjir Rancangan dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 2 (dua)

Kala ulang, T (th)	$Q_T$ ( $m^3/dt$ )	Tinggi Muka Air (m)	Elv. Tebing Kiri	Elv. Tebing Kanan	Keterangan
50	123,22	+ 2,50	+ 2,57	+ 1,27	Banjir
100	139,24	+ 2,67	+ 2,57	+ 1,27	Banjir
200	151,29	+ 2,80	+ 2,57	+ 1,27	Banjir
500	173,73	+ 2,97	+ 2,57	+ 1,27	Banjir

Sehingga dari Tabel 4.2 dapat diplotkan pada gambar penampang sungai Code pada stasiun 2, seperti pada Gambar 4.2.

Skala Vertikal : 1 : 10  
 Skala Horizontal : 1 : 5

2.97 m:13.73m<sup>3</sup>/dt  
 2.80 m:13.29m<sup>3</sup>/dt  
 2.67 m:13.24m<sup>3</sup>/dt  
 2.50 m:13.22m<sup>3</sup>/dt



Gambar 4.2. Tinggi Muka Air Pada Stasiun 2

c. Stasiun 3, Juminahan Kalurahan Tegal Panggung.

Dari hasil analisis data pada stasiun 3 maka didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hubungan antara Debit Banjir Rancangan dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 3 (tiga)

Kala ulang, T (th)	$Q_T$ ( $m^3/dt$ )	Tinggi Muka Air (m)	Elv. Tebing Kiri	Elv. Tebing Kanan	Keterangan
50	123,22	+ 2,28	+ 1,60	+ 1,51	Banjir
100	139,24	+ 2,31	+ 1,60	+ 1,51	Banjir
200	151,29	+ 2,40	+ 1,60	+ 1,51	Banjir
500	173,73	+ 2,47	+ 1,60	+ 1,51	Banjir

Sehingga dari Tabel 4.3 dapat diplotkan pada gambar penampang sungai Code pada stasiun 3, seperti pada Gambar 4.3.

Skala Vertikal : 1 : 10  
 Skala Horizontal : 1 : 5  
 2.47 m 173.75 m<sup>3</sup>/dt  
 2.40 m 151.29 m<sup>3</sup>/dt  
 2.31 m 139.24 m<sup>3</sup>/dt  
 2.28 m 123.22 m<sup>3</sup>/dt

Elevasi (m)	100.216	100.175	98.575	98.357	98.905	100.416	102.537	107.538
Jarak (m)		27.60	7.86	10.55	3.80	8.30		

**Gambar 4.3. Tinggi Muka Air Pada Stasiun 3**

d. Stasiun 4, Purwokinanti Kalurahan Gondomanan.

Dari hasil analisis data pada stasiun 4 maka didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

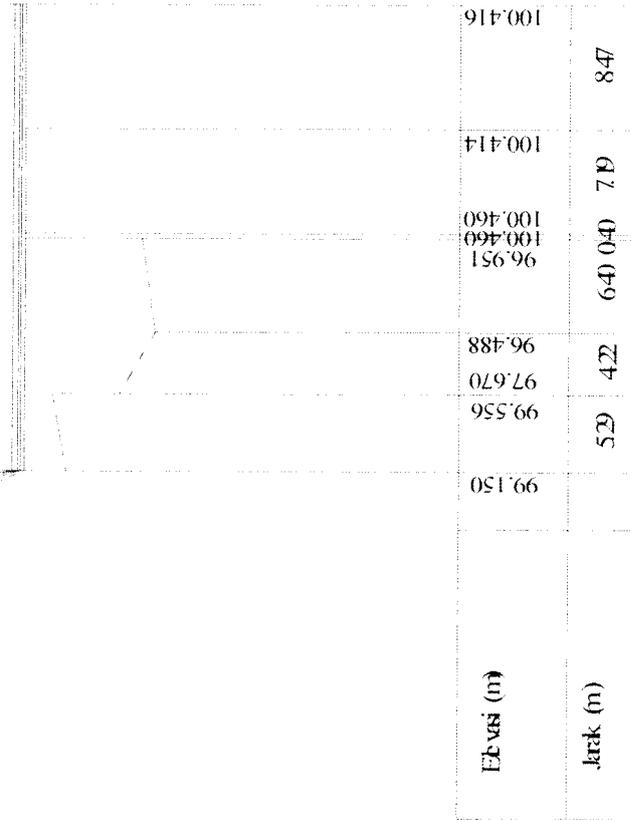
Tabel 4.4 Hubungan antara Debit Banjir Rancangan dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 4 (empat)

Kala ulang, T (th)	$Q_T$ ( $m^3/dt$ )	Tinggi Muka Air (m)	Elv. Tebing Kiri	Elv. Tebing Kanan	Keterangan
50	123,22	+ 3,90	+ 1,88	+ 3,51	Banjir
100	139,24	+ 4,03	+ 1,88	+ 3,51	Banjir
200	151,29	+ 4,10	+ 1,88	+ 3,51	Banjir
500	173,73	+ 4,26	+ 1,88	+ 3,51	Banjir

Sehingga dari Tabel 4.4 dapat diplotkan pada gambar penampang sungai Code pada stasiun 4, seperti pada Gambar 4.4.

Skala Vertikal : 1 : 10  
 Skala Horizontal : 1 : 5

426 ml 7373 m<sup>3</sup>/d  
 410 ml 5129 m<sup>3</sup>/d  
 408 ml 3924 m<sup>3</sup>/d  
 390 ml 2322 m<sup>3</sup>/d



**Cambar 4.4. Tinggi Mula Air Pada Stasiun 4**

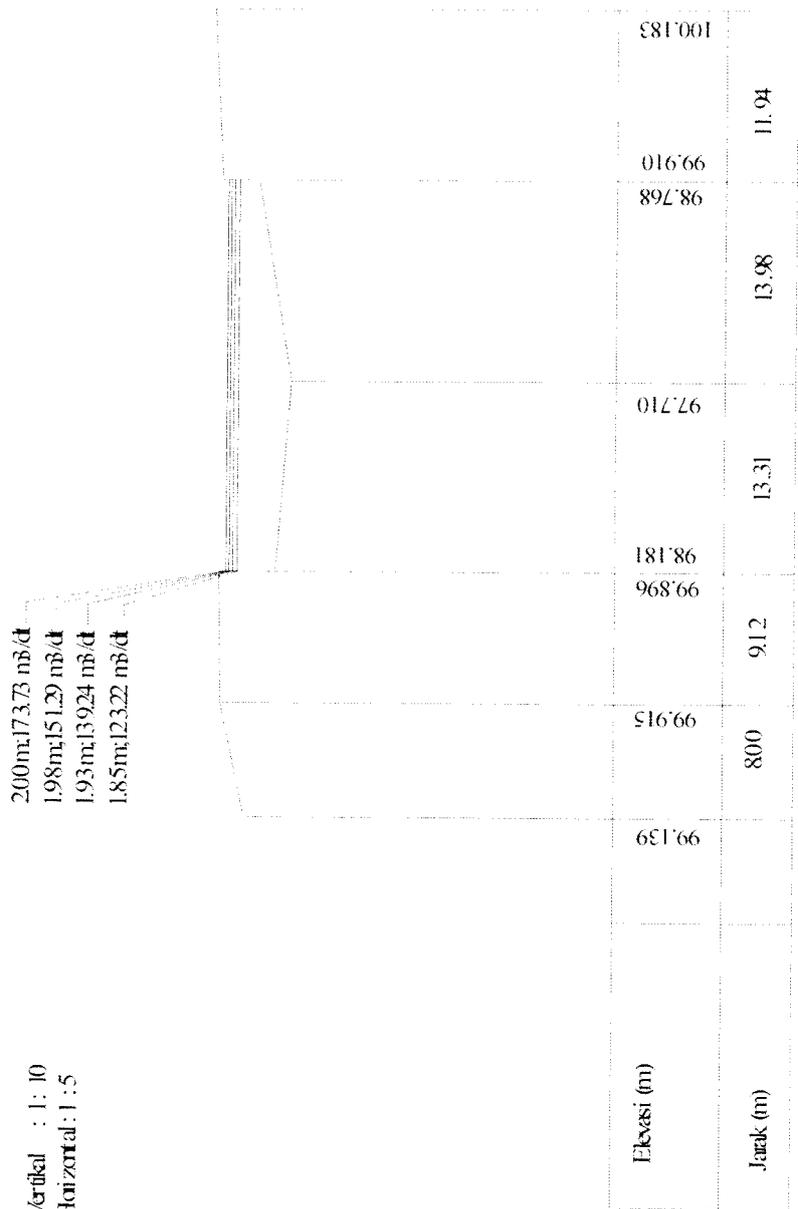
e. Stasiun 5, Sayidan Kalurahan Mergangsan.

Dari hasil analisis data pada stasiun 5 maka didapatkan hasil seperti dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hubungan antara Debit Banjir Rancangan dengan Tinggi Muka Air Pada Stasiun 5 (lima)

Kala ulang, T (th)	$Q_T$ ( $m^3/dt$ )	Tinggi Muka Air (m)	Elv. Tebing Kiri	Elv. Tebing Kanan	Keterangan
50	123,22	+ 1,85	+ 2,18	+ 2,20	Aman
100	139,24	+ 1,93	+ 2,18	+ 2,20	Aman
200	151,29	+ 1,98	+ 2,18	+ 2,20	Aman
500	173,73	+ 2,00	+ 2,18	+ 2,20	Aman

Sehingga dari Tabel 4.5 dapat diplotkan pada gambar penampang sungai Code pada stasiun 5, seperti pada Gambar 4.5.



Skala Vertikal : 1 : 10  
 Skala Horizontal : 1 : 5

**Gambar 4.5. Tinggi Muka Air Pada Stasiun 5**

## 4.2 Pembahasan

Dalam penelitian diperlukan data-data yang menunjang agar penelitian dapat dilakukan dengan baik, akan tetapi data yang didapatkan belum tentu seperti yang diharapkan seperti data tidak lengkap. Data yang dianggap kurang lengkap adalah data curah hujan harian dari stasiun hujan pada DAS Code yaitu stasiun hujan Kemput, Prumpung, Angin-angin, dan Beran. Dengan tersedianya data hujan yang tidak lengkap maka hujan harian rerata daerah tidak dapat dihitung hanya dengan satu poligon saja, dan dibuat beberapa poligon sesuai dengan data hujan dari stasiun yang tersedia. Cara ini dilakukan karena dengan membuat poligon sesuai dengan data yang tersedia maka faktor pembobot (*Weighting Factor*) dapat dihitung sehingga dapat dihitung pula besarnya hujan rerata daerah. Cara yang digunakan adalah cara Rasional, karena cara rasional sesuai digunakan untuk perhitungan pada DAS yang relatif sempit.

Dalam menghitung tinggi muka air banjir sangat dipengaruhi besarnya angka kekasaran dasar saluran, dinding saluran, dan dataran banjir. Angka kekasaran ( $n$ ) yang digunakan adalah angka kekasaran Manning (*Manning's Roughness Coefficient*). Dalam menentukan besarnya angka kekasaran yang digunakan harus sesuai dengan kondisi lapangan pada saat dilakukan penelitian, karena apabila angka kekasaran yang digunakan tidak sesuai maka akan sangat sensitiv terhadap hasil hitungan yang akan diperoleh. Semakin besar angka kekasaran yang digunakan maka kecepatan aliran ( $V$ ) akan semakin kecil (kecepatan lambat), maka akan berakibat pada hasil hitungan tinggi muka air yang besar, sebaliknya apabila angka kekasaran yang dipakai kecil maka akan timbul asumsi bahwa air yang mengalir tidak terhambat oleh adanya gesekan dengan permukaan penampang saluran.

Penelitian ini menghitung seberapa besar debit maksimum yang dapat ditampung sungai Code. Untuk mengetahui penetapan banjir rancangan yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan hidraulik, maka debit banjir untuk kala

ulang tahun tertentu dapat dicari dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P). Dengan cara Rasional dan kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun didapatkan debit berturut-turut sebesar 123,22; 139,24; 151,29; dan 173,73 m<sup>3</sup>/dt.

Dari perhitungan tinggi muka air yang terjadi maka debit banjir sungai Code pada tampang di bawah ini :

- a. Pada tampang 1 (satu) berlokasi di Kalurahan Terban, dengan elevasi tebing kiri +2,73 meter, kanan +1,51 meter terhadap titik nol setempat, dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P) pada daerah ini untuk kala ulang 50 tahun sudah tidak mampu menampung air yaitu sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/dt sehingga akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitar.
- b. Pada tampang 2 (dua) berlokasi di Ledok Code Kalurahan Kota Baru, dengan elevasi tebing kiri +2,57 meter, kanan +1,27 meter terhadap titik nol setempat, dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P) pada daerah ini untuk kala ulang 50 tahun sudah tidak mampu menampung air yaitu sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/dt sehingga akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitar.
- c. Pada tampang 3 (tiga) berlokasi di Juminahan Kalurahan Tegal Panggung, dengan elevasi tebing kiri +2,60 meter, kanan +1,51 meter terhadap titik nol setempat, dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P) pada daerah ini untuk kala ulang 50 tahun sudah tidak mampu menampung air yaitu sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/dt sehingga akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitar.
- d. Pada tampang 4 (empat) berlokasi di Purwokinanti Kalurahan Gondomanan, dengan elevasi tebing kiri +1,88 meter, kanan +3,51 meter terhadap titik nol setempat, dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P) pada daerah ini untuk kala ulang 50 tahun sudah tidak mampu menampung air yaitu sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/dt sehingga akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitar.
- e. Pada tampang 5 (lima) berlokasi di Sayidan Kalurahan Mergangsan, dengan elevasi tebing kiri +2,18 meter, kanan +2,20 meter terhadap titik nol setempat,

dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P) pada daerah ini hingga kala ulang 500 tahun masih mampu menampung air yaitu sebesar 173,3 m<sup>3</sup>/dt sehingga belum membahayakan masyarakat sekitar.

Adapun tindakan pengendalian banjir dengan cara fisik yang mungkin dilakukan adalah membuat sumur resapan dan pembersihan sungai dari sedimen (normalisasi sungai). Kedua cara tersebut dinilai cukup efektif dilaksanakan pada DAS Code penggal perkotaan mengingat di sepanjang sungai Code telah banyak didirikan bangunan tempat tinggal sebagai hunian, sehingga tidak mungkin dilakukan pelebaran sungai karena akan menimbulkan dampak sosial yang sangat besar. Dengan membuat sumur resapan maka akan mengurangi banyaknya air hujan yang mengalir masuk ke sungai, sehingga debit sungai akan menjadi kecil. Cara tersebut kemudian akan lebih efektif bila kemudian dilakukan perbaikan dan pembersihan sedimen (normalisasi) penampang sungai, karena dengan membersihkan dan memperbaiki penampang sungai yang mengalami kerusakan akibat penggerusan maka akan memperkecil angka kekasaran penampang sungai ( $n$ ) sehingga kecepatan aliran air ( $V$ ) menjadi besar, dan tidak terjadi genangan. Kedua cara tersebut sebaiknya akan lebih sempurna apabila kemudian pada sungai Code yang berliku/berbelok dibuat Krib pengarah aliran dengan menggunakan cerucuk kayu atau bambu yang berguna untuk meluruskan aliran air yang bermanfaat mengurangi penggerusan air terhadap dinding saluran sehingga hasil perbaikan dinding saluran akan bertahan lebih lama.

Pada penelitian terdapat banyak asumsi yang secara tidak langsung mempengaruhi hasil penelitian, asumsi tersebut antara lain :

1. Kesalahan yang disebabkan faktor peralatan dan manusia, seperti tingkat ketelitian alat dan kesalahan pada pembacaan dan penulisan data.
2. Tidak ada aliran bawah tanah yang berasal dari daerah aliran sungai lainnya yang masuk kedalam DAS dan tidak ada air dari DAS tersebut yang keluar ke DAS lainnya.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari uraian perhitungan di muka dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit maksimum kala ulang 50, 100, 200 dan 500 tahun sungai Code yaitu sebesar 123,22; 139,24 ; 151,29; 173,73 m<sup>3</sup>/dt.
2. a. Pada tampang 1(satu) berlokasi di kalurahan Terban, dengan elevasi tebing kiri +2,73 meter, kanan +1,51 meter terhadap titik nol setempat, dengan menggunakan metode Log Normal Dua Parameter (LN2P) pada penggal ini untuk kala ulang 50 tahun sudah tidak mampumenampung air yaitu sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/dtk
- b. Pada tampang 2 (dua) berlokasi di Ledok Code Kalurahan Kota Baru, dengan elevasi tebing kiri +2,57 meter, kanan +1,27 meter terhadap titik nol setempat, dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P) pada daerah ini untuk kala ulang 50 tahun sudah tidak mampu menampung air yaitu sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/dt sehingga akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitar.
- c. Pada tampang 3 (tiga) berlokasi di Juminahan Kalurahan Tegal Panggung, dengan elevasi tebing kiri +2,60 meter, kanan +1,51 meter terhadap titik nol setempat, dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P) pada daerah ini untuk kala ulang 50 tahun sudah tidak mampu menampung air yaitu sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/dt sehingga akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitar.
- d. Pada tampang 4 (empat) berlokasi di Purwokinanti Kalurahan Gondomanan, dengan elevasi tebing kiri +1,88 meter, kanan +3,51 meter terhadap titik nol setempat, dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P)

pada daerah ini untuk kala ulang 50 tahun sudah tidak mampu menampung air yaitu sebesar  $123,22 \text{ m}^3/\text{dt}$  sehingga akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitar.

- e. Pada tampang 5 (lima) berlokasi di Sayidan Kalurahan Mergangsan, dengan elevasi tebing kiri +2,18 meter, kanan +2,20 meter terhadap titik nol setempat, dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P) pada daerah ini hingga kala ulang 500 tahun masih mampu menampung air yaitu sebesar  $173,3 \text{ m}^3/\text{dt}$  sehingga belum membahayakan masyarakat sekitar.

## 5.2 Saran

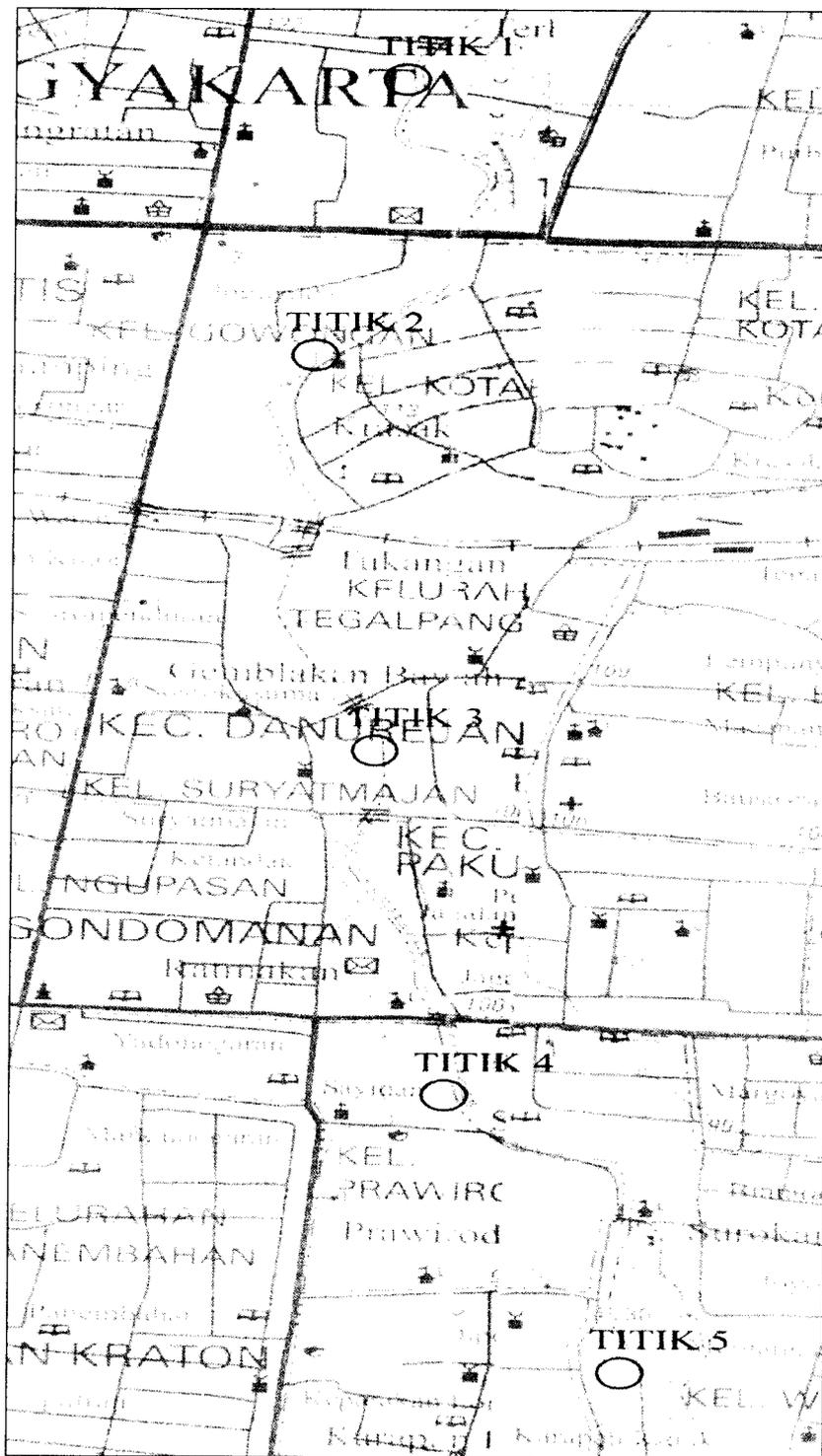
Dari beberapa kesimpulan di atas maka saran yang dapat diberikan adalah:

1. Perlunya data-data yang lebih lengkap dan lebih memadai sehingga dapat diketahui karakteristik hujan dan besarnya debit banjir yang terjadi lebih teliti dan akurat dengan membandingkan kejadian-kejadian sebelumnya dalam satu perhitungan.
2. Perlunya penyuluhan kepada masyarakat sekitar sungai Code di bagian hulu hingga hilir sungai Code tentang pembangunan yang berwawasan lingkungan seperti membuat sumur resapan air hujan pada setiap bangunan dan juga agar tidak membangun bangunannya di daerah aliran sungai.
3. Dilakukan penelitian pada sungai lain di Yogyakarta sehingga dapat diketahui debit banjir total yang akan diterima Kodya Yogyakarta.

# DAFTAR PUSTAKA

1. Agus Maryono, 2005, **Eko-Hidrolik Pembangunan Sungai**, UGM Jogjakarta
2. Chow, V.T., D.R Maidment, L.W. Mays, 1988, **APPLIED HYDROLOGY**, McGrawHill, New York.
3. C.D Soemarto, 1986, **Hidrolika Teknik**, Usaha Nasional, Surabaya.
4. E. M. Wilson, 1983, **ENGINEERING HYDROLOGY**, Macmillan Publishers LTD, New York.
5. G. W. Kite, 1988, **FREQUENCY AND RISK ANALYSIS IN HYDROLOGY**, Water Resources Publications, New York.
6. Sri Harto BR., 1993, **ANALISIS HIDROLOGI**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
7. Sri Harto BR., 1993, **HIDROLOGI TERAPAN**, KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
8. Soewarno, 1991, **Hidrologi**, Nova.
9. Suara Merdeka, 2006, **BANJIR SUNGAI CODE, RUMAH SATU KAMAR RUSAK BERAT**, Yogyakarta.
10. Rina Oktariza & Laili Verawati, 2003, **Debit Banjir Kiriman Pada Kodya Jogjakarta Dari Daerah Aliran Sungai Code**, UII, Yogyakarta.
11. Fahmi Putra Hamijaya & M. Muslem Patrio, 2006, **Studi Penampang dan Debit Banjir Sungai Code Yogyakarta**, UII, Yogyakarta.

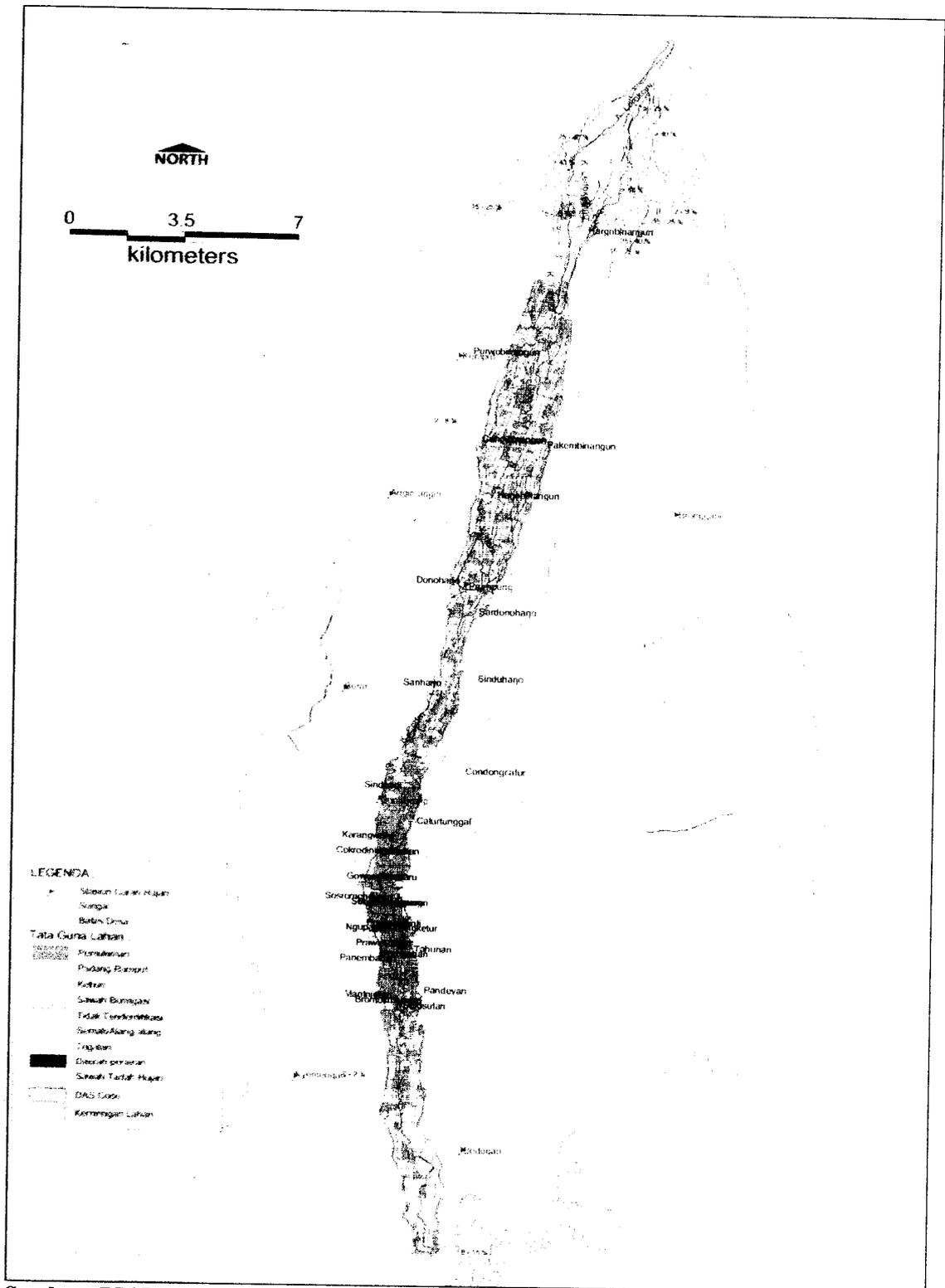
**Lampiran 1**



Sumber : PETA RUPABUMI DIGITAL INDONESIA, Edisi I – 2000.

**Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian**

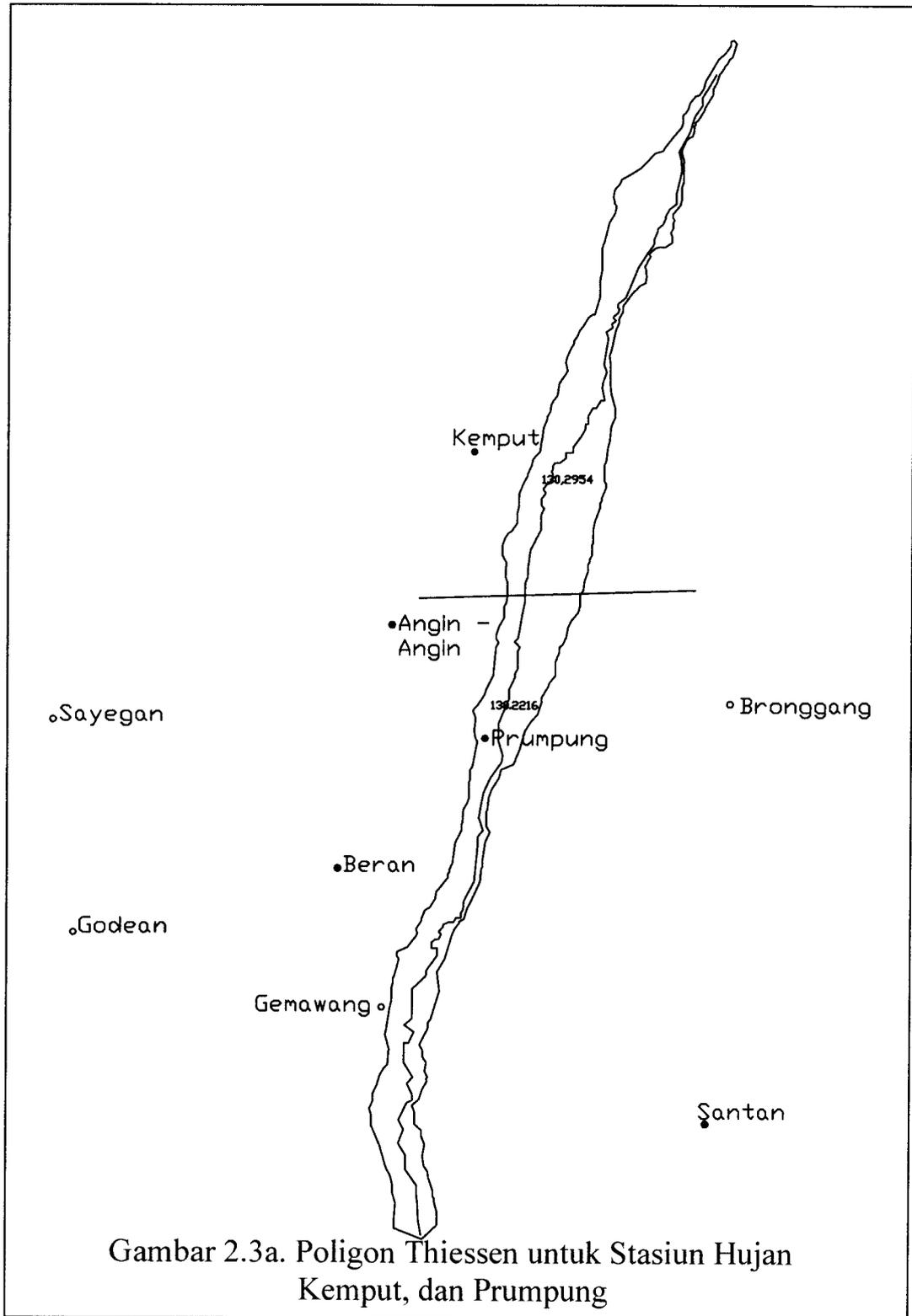
**Lampiran 2**



Sumber : BPSDA W S, Progo – Opak - Oyo

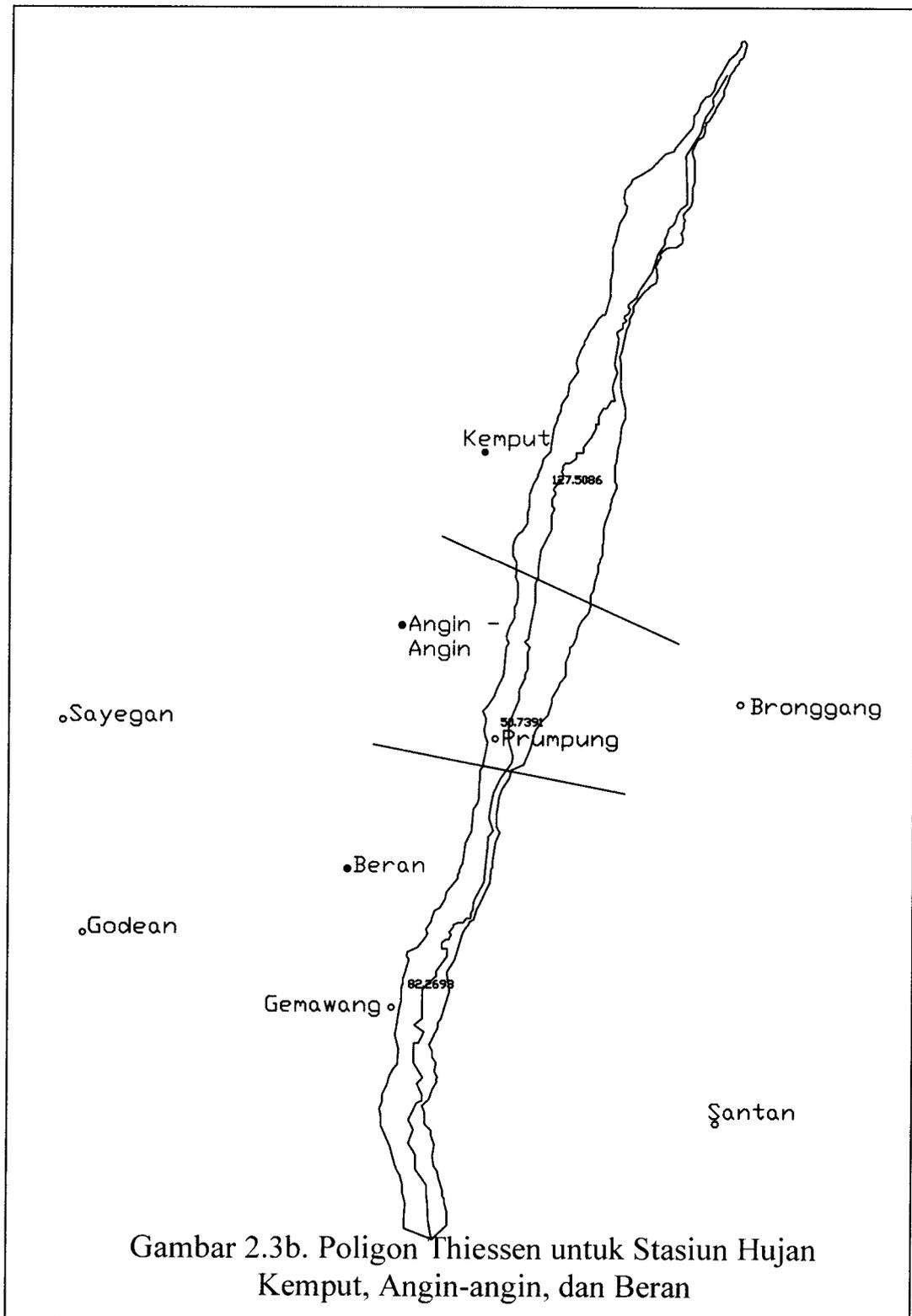
**Gambar 3.3. Peta Topografi dan Tata Guna Lahan DAS Code**

Lampiran 3.a

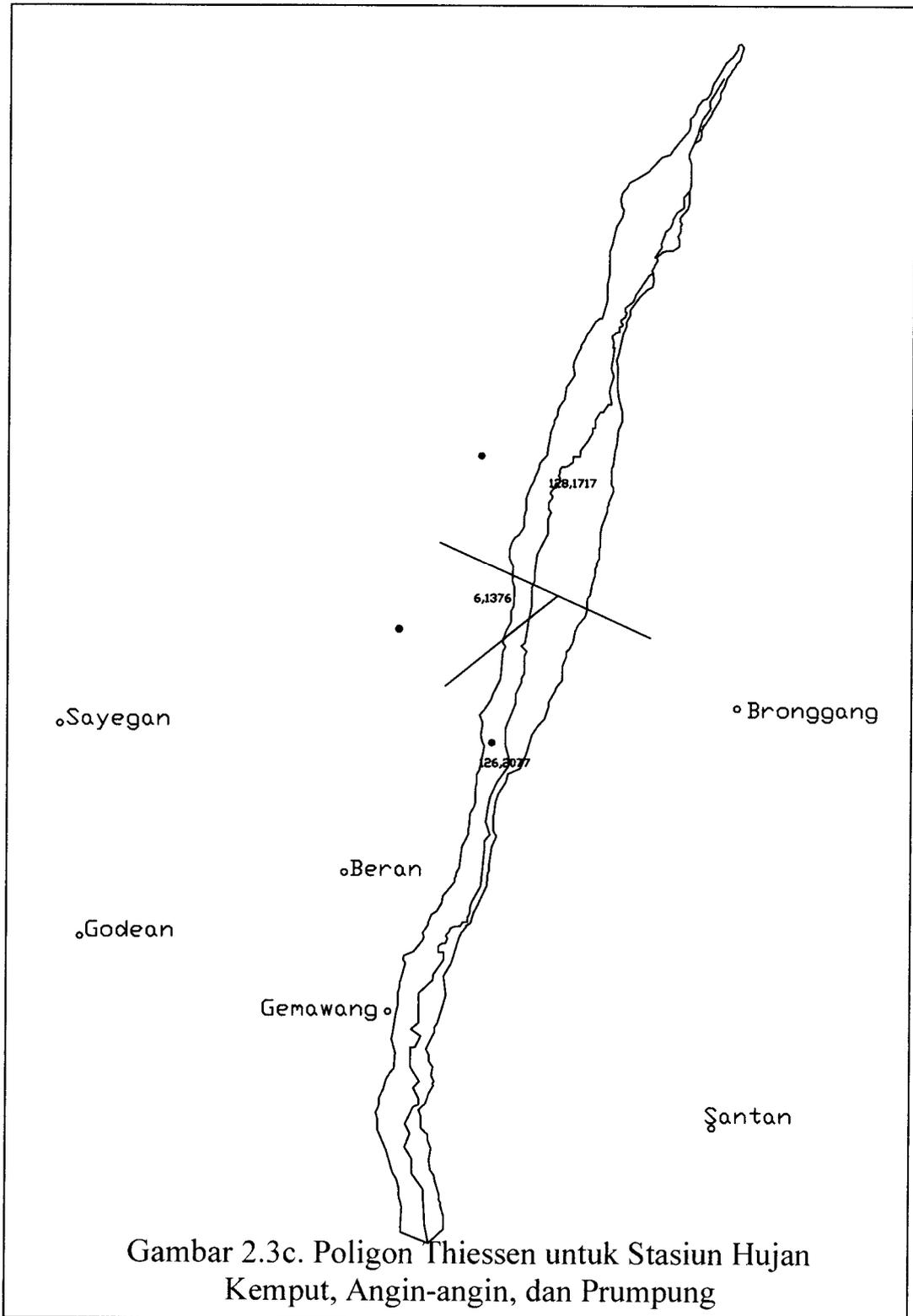


Gambar 2.3a. Poligon Thiessen untuk Stasiun Hujan Kemput, dan Prumpung

Lampiran 3.b

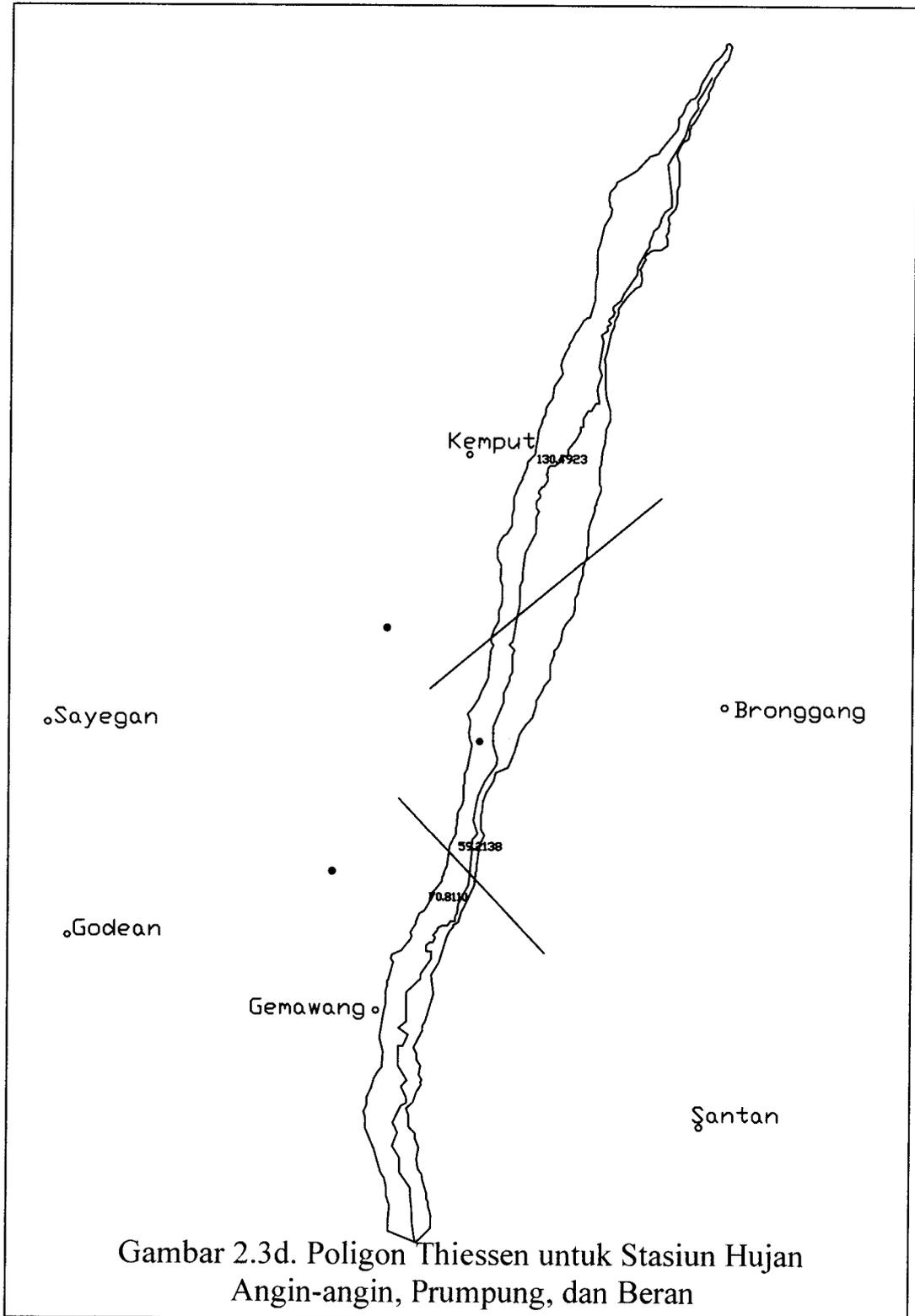


Lampiran 3.c



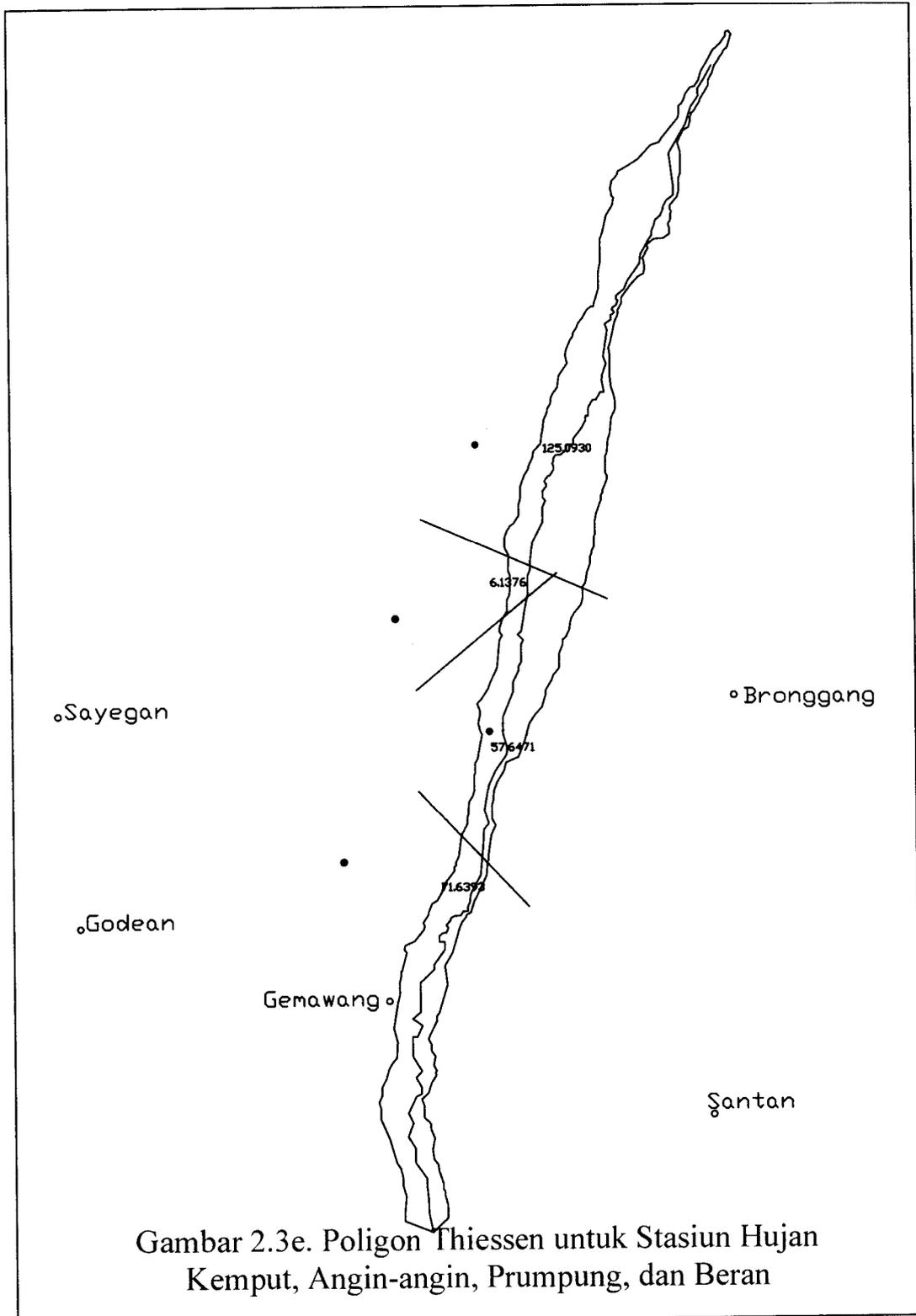
Gambar 2.3c. Poligon Thiessen untuk Stasiun Hujan Kempt, Angin-angin, dan Prumpung

Lampiran 3.d



Gambar 2.3d. Poligon Thiessen untuk Stasiun Hujan Angin-angin, Prumpung, dan Beran

Lampiran 3.e



**Lampiran 4**

**Tabel 2.3 Standar Normal Deviate ( Z )**

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7275	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7548
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8398
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9977	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9986	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9898	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Sumber : Chow V. T, 1988