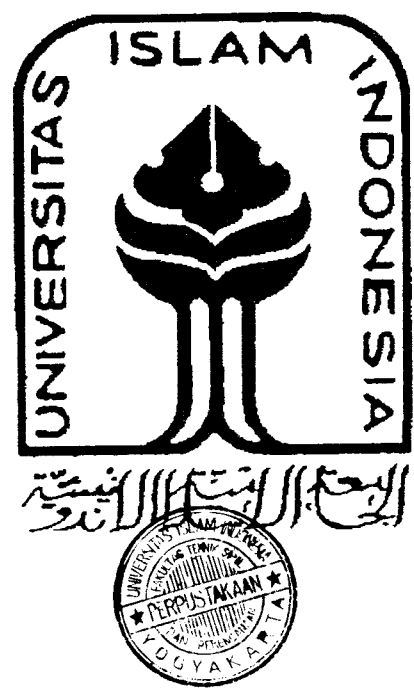


PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH BELI
TGL. TERIMA 5 Februari 2007
NO. JUDUL 50 200
NO. INV. 512000220001
NO. INDEKS

TUGAS AKHIR

KOMPARASI BEBERAPA METODE SEBARAN HUJAN SEBAGAI INPUT DALAM ANALISIS BANJIR RANCANGAN (Studi Kasus : Hujan Daerah Istimewa Yogyakarta)



Disusun oleh:

Nama : NURUL HAMID
No.Mhs : 02511033

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

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Komparasi Beberapa Metode Sebaran Hujan Sebagai Input Dalam Analisis Banjir Rancangan

TUGAS AKHIR

Program Studi Teknik Sipil

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik Sipil



Diajukan oleh:

Nama : Nurul Hamid
No.Mhs : 02511033

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

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Komparasi Beberapa Metode Sebaran Hujan Sebagai Input Dalam Analisis Banjir Rancangan

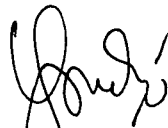
Disusun Oleh :

Nama : Nurul Hamid

No.Mhs : 02511033

*Itu B
Dari kali
Oleh kali
Dan unta
Inilah ke*

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :
Dosen Pembimbing,**



Ir. Bambang Sulistiono, MSCE

Tanggal : 14/12 - 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 “Komparasi Beberapa Metode Sebaran Hujan Sebagai Input Dalam Analisis Banjir Rancangan”, 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 orang – orang yang sangat berperan yang memberikan bantuannya. Pada kesempatan ini, penulis berusaha mempersembahkan dan memberikan 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.
3. Bapak Ir..H. Faizol, AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia.

11. Semua “pahlawan tanpa tanda jasa” yang telah memberikan seluruh ilmunya serta rekan-rekan sekolah SMK N 2 Pengasih Yogyakarta Angkatan 2002, SLTPN 3 Pengasih serta SDN Kalipetir II.
12. 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 penulisan ini 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, November 2006

Penulis,

Nurul Hamid

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAKSI.....	xii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pokok Permasalahan.....	4
1.3 Perumusan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Batasan Penelitian.....	6

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi.....	8
2.2 Hujan.....	9
2.2.1 Metode Pengukuran Hujan.....	10
2.2.2 Curah Hujan Daerah Aliran Sungai.....	10
a. Rerata Aljabar.....	11
b. Rerata Thiessen.....	12
c. Rerata Isohyet.....	13
2.2.3 Hujan Rancangan.....	14
2.3 Analisis Frekuensi Data Hujan.....	14
2.3.1 Parameter Statistik.....	15
a. Hujan Rerata.....	15

b. Standar Deviasi (S).....	16
c. Koefisien Variasi (Cv).....	16
d. Koefisien Kemencengan/Skwenes (Cs).....	17
e. Koefisien Kurtosis (Ck).....	17
2.3.2 Jenis Sebaran.....	19
a. Sebaran Normal.....	20
b. Sebaran Log Normal 2 Parameter (LN2P).....	20
c. Sebaran Pearson Type III.....	20
d. Sebaran Log Pearson Type III.....	20
e. Sebaran Extreme Value Type I (Gumbel's).....	21
2.4 Hidrograf Satuan.....	21
2.4.1 Hidrograf Satuan Sintetik Gama I.....	22
2.5 Banjir Rancangan.....	26
2.6 Pengukuran Debit Sungai	27
2.6.1 Analisis Debit.....	28
a. Analisis Debit Terukur.....	28
b. Analisis Debit Teoritik.....	28
2.7 Penelitian Terdahulu.....	29

BAB III. PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Lokasi penelitian.....	31
3.2 Cara penelitian.....	31
3.3 Pengumpulan Data.....	33
a. Data Hujan.....	34
b. Hujan Rerata DAS.....	35
c. Hujan Rerata Maksimum Tahunan.....	36
d. Karakteristik DAS Code.....	37
e. Debit Maksimum Terukur.....	38
3.4 Analisis Data.....	39
a. Hujan Rancangan.....	39
b. Parameter HSS Gama I.....	44

c. Banjir Rancangan.....	47
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	56
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gbr 2.1 Siklus Hidrologi.....	9
Gbr 2.2 Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Rerata Aljabar.....	11
Gbr 2.3 Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Poligon Thiessen.....	13
Gbr 2.4 Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Cara Isohyet.....	14
Gbr 2.5 Kurva Cv dan Cs untuk pemilihan sebaran.....	18
Gbr 2.6 Unsur-unsur HSS Gama I.....	23
Gbr 2.7 Grafik Hidrograf Tahunan S. Cimanuk dan S. Cisanggarung.....	30
Gbr 3.1 <i>Flow chart</i> /Bagan Alir Penelitian.....	33
Gbr 3.2 Perkiraan jenis sebaran atas dasar nilai Cv dan Cs.....	41
Gbr 3.3 Hasil Hitungan HSS Gama I.....	46
Gbr 3.4 Grafik Regresi antara Qp vs R.....	53
Gbr 3.5 Grafik Regresi antara Qp vs R revisi.....	54

ABSTRAKSI

Analisis banjir rancangan dengan cara hidrograf satuan memerlukan masukan hujan dengan durasi pendek. Kebanyakan data hujan dalam durasi harian, sehingga perlu diturunkan pada durasi pendek. Terdapat beberapa cara untuk mengalihkan hujan harian ke hujan jam-jaman seperti : Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco.

Pada penelitian yang dilakukan, dicoba untuk melihat cara yang paling mendekati dengan data pengukuran lapangan melalui data pengukuran debit, hujan rancangan, sebaran hujan dan membandingkan keempat jenis sebaran hujan, yaitu Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco dengan melakukan deviasi antara debit rancangan kala ulang (Q_T) dengan debit pengamatan/sesungguhnya (Q_P).

Hasil yang diperoleh dalam penelitian mendapatkan bahwa cara nedeco adalah cara yang paling mendekati data lapangan, dengan bukti reratanya paling kecil yaitu 0,36 daripada hasil rerata yang lain (Rasional = 0,97, Der Weduwen = 0,73, dan Boerama = 0,73).

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peristiwa banjir bukan merupakan persoalan selama kejadian tersebut tidak menimbulkan kerugian terhadap kehidupan manusia, namun sejak manusia bermukim dan melakukan berbagai kegiatan pada dataran banjir, persoalan tersebut telah ada dan sejak itu pula manusia telah berusaha mengatasi/mengurangi kerugian-kerugian yang disebabkan oleh banjir. Sejalan dengan proses perkembangan masyarakat, baik jumlah penduduk maupun tingkat kehidupannya, maka persoalan yang ditimbulkan oleh banjir semakin meningkat pula.

Banjir merupakan peristiwa melimpasnya aliran ketebing kiri-kanan sungai, karena tampang sungai sudah tidak mampu lagi menampung aliran yang terjadi, kemudian menggenang dan atau mengalir kedaerah yang lebih rendah dengan kecepatan tertentu. Apabila kecepatan aliran cukup besar, menimbulkan kerusakan yang sangat parah, seperti peristiwa banjir yang dialami di beberapa daerah di Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa barat, dan Lampung, menimbulkan korban harta dan jiwa manusia. Sebagai contoh dibawah ini berbagai kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh banjir :

- 1) Banjir di Blitar selatan, kecamatan Sukojayan: awal Desember 2004, aktivitas belajar terhenti, 1200 siswa tidak bisa sekolah gedung terendam lumpur, korban jiwa 16 tewas, kerugian sekitar 28 milyar rupiah (Jakarta news,

07/12/2004),

- 2) Banjir S. Code, 23 Pebruari 2005, talud di depan RRI roboh, rumah 1 kamar roboh, rumah terendam dari 1 meter sampai atap rumah di ledok Tukangan, Ratmakan, Sayidan, Bintaran, dan Gemblakan, (Pemda DIY, Suara Merdeka, tahun 2005),
- 3) Banjir di lombok Timur, 22 Januari 2006, 8 orang hilang, Sungai Kokok Pede dan Otak Reban, 500 rumah penduduk hilang, 2000 rumah rusak, 300 hektar sawah rusak, (Media Indonesia, 23 Januari 2006),
- 4) Banjir di Jember, 1 Januari 2006, menewaskan 51 orang, 30 orang luka-luka, kec. Panti, Rambipuji, dan Balung (koran Tempo, tahun 2006),

Tindakan/usaha untuk mengendalikan banjir (*flood control*) pada umumnya hanya merupakan tindakan-tindakan untuk mengurangi kerugian yang dapat diakibatkan oleh banjir. Tindakan pengendalian banjir secara mutlak yaitu untuk meniadakan banjir, atau membuat suatu daerah dataran banjir kebal (aman) terhadap bahaya banjir selamanya, adalah tidak mungkin dikerjakan.

Tindakan-tindakan dalam rangka mengendalikan banjir pada suatu sungai harus merupakan bagian dari seluruh kegiatan pembinaan atas suatu sungai yang bersangkutan secara menyeluruh dan terpadu. Persoalan banjir yang terjadi pada umumnya ditimbulkan oleh dua jenis penyebab, yang saling kait mengait. Penyebab yang pertama adalah akibat adanya tindakan/perbuatan manusia baik yang bermukim pada dataran banjir maupun pada hulu sungai, dan kedua adalah akibat adanya peristiwa alam dan keadaan alam tanpa campur tangan manusia Sebagai contoh bertambahnya pemukiman di bantaran sungai, sehingga sewaktu banjir datang rumah

tenggelam, seperti daerah bantaran banjir sungai Gajahwong di bendung Mrican, sewaktu banjir dan bendung dadal, tebing sungai runtuh, sebagian rumah roboh. Sebagai solusi/masukan bencana banjir di Yogyakarta hanya dapat dihindari dengan mengubah perilaku masyarakat menjadi lebih peduli terhadap lingkungan. Jangan membuang sampah di saluran drainasi (KR Online, 9 Pebruari 2006).

Menanggapi berbagai informasi yang telah diperoleh dari berbagai pihak yang terkait dan semakin berkembangnya ilmu hidrologi pada saat sekarang, banyak peneliti melakukan penelitian-penelitian tentang banjir rancangan dengan menggunakan bermacam-macam cara/metode-metode dalam analisisnya. Sebagai salah satu contohnya dihasilkannya bermacam-macam teori tentang sebaran hujan dalam perhitungan banjir rancangan. Maka melihat fenomena tersebut penelitian dititik beratkan pada perbandingan (komparasi) beberapa jenis sebaran hujan sebagai masukan ataupun input dalam menganalisis banjir rancangan. Banjir rancangan adalah besarnya debit yang dipakai sebagai dasar perancangan bangunan air, baik dalam perhitungan kekuatan struktur bangunan maupun persyaratan dimensi agar aman terhadap bahaya banjir yang mungkin terjadi. Oleh karenanya, perancangan yang paling mendekati kebenaran apabila berdasarkan atas data debit pada sungai yang dianalisis. Di beberapa daerah aliran sungai (DAS) di Indonesia, banyak ditemui kurangnya data aliran, sehingga analisis banjir rancangan di dasarkan pada data hujan dan karakter DAS, salah satunya adalah teknik hidrograf satuan sintetik. Dalam analisis banjir rancangan dengan teknik hidrograf satuan diperlukan durasi hujan sesuai dengan interval hidrograf satuan, yaitu interval satu jam (per jam).

Di Indonesia pengukuran hujan dengan interval pendek dan menerus (interval satu jam atau lebih pendek) dari alat ukur hujan otomatis tidak tersedia di semua daerah aliran sungai. Jikapun ada hanya dalam jangka waktu pendek, ataupun beberapa pengukuran terlihat kosong karena alat dalam kondisi rusak. Pengukuran lebih banyak dalam bentuk harian yaitu diukur pada pukul 07.00 sampai dengan pukul 07.00 hari berikutnya, bersifat kumulatif dalam 24 jam tersebut, sehingga disebut data hujan harian. Mengingat ketersediaan data tersebut, analisis banjir rancangan sebagai dasar perancangan bangunan air lebih banyak didasarkan pada data hujan harian tersebut. Dalam hal analisis banjir rancangan dipakai cara hidrograf satuan, maka data hujan harian tersebut belum mencukupi untuk didistribusikan dalam durasi lebih pendek, sesuai interval hidrograf satuan tersebut diturunkan, kebanyakan dalam interval satu jam.

1.2 Pokok Permasalahan

Terdapat dua pokok permasalahan dalam penelitian yang akan dilakukan yaitu :

1. Dalam analisis data hujan untuk perancangan banjir diperlukan data curah hujan. Di Indonesia data curah hujan memakai pengukuran dalam bentuk harian, padahal hidrograf satuan kebanyakan memakai interval satu jam.
2. Banyak cara pengalihan hujan harian menjadi sebaran hujan jam – jaman, cara tersebut perlu dicari yang paling mendekati/cocok terhadap pengamatan lapangan.

1.3 Perumusan Masalah

Perkembangan ilmu hidrologi yang banyak memunculkan jenis-jenis sebaran hujan dengan perhitungan hidrograf satuan sintetik (HSS) yang sangat berguna untuk keperluan analisis dalam perhitungan yang menggunakan data hujan di Daerah Sungai (DAS), merupakan bagian yang sangat penting dalam kepentingan analisis hidrologi, terutama untuk tujuan penentuan besarnya debit banjir rancangan guna perancangan bangunan hidroulik. Penentuan debit banjir rancangan tergantung oleh besarnya curah hujan harian maksimum, sehingga keakuratan data dan metode analisis data hujan untuk tujuan prediksi harus dilakukan secara cermat. Dalam lingkup penelitian pengalihan hujan harian menjadi sebaran hujan jam-jaman atas data di Indonesia, telah dilakukan oleh Kensaku Takeda, der Weduwen, Boerema, dan Nedeco. Sebaran tersebut dalam bentuk persentase terhadap hujan harian, tanpa rumusan matematik (ECI, 1978). Direktorat Penyelidikan Masalah Air (DPMA) memakai cara rasional (Ditjen Pekerjaan Umum, 1984). Cara yang akan diterapkan sangat subyektif dan kebiasaan perancang terhadap cara yang lebih disukai, belum melihat pilihan cara yang paling tepat untuk diterapkan. Beberapa cara tersebut tentunya, akan menghasilkan nilai puncak banjir yang berbeda. Untuk memilih cara yang paling cocok, perlu dicari jenis sebaran yang paling mendekati/cocok dari pengamatan lapangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah memilih dan menetapkan jenis sebaran hujan (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco) dalam jam – jaman berdasarkan data hujan harian yang paling sesuai dengan data banjir yang terjadi di tempat

kei
set
lau

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

yan
leng

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses peredaran air dari tingkat awal kembali ke awal lagi dengan berbagai sifat dan perubahannya. Sri Harto BR (1993), menjelaskan bahwa siklus hidrologi dapat dimulai darimana saja, akan tetapi untuk kemudahan biasanya dimulai dari penguapan. Penguapan merupakan proses berubahnya molekul cairan menjadi molekul gas/uap, yang dapat terjadi pada semua permukaan yang lembab akibat penyinaran matahari sepanjang hari. Penguapan yang terjadi dibagi atas dua bagian yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses penguapan yang terjadi dalam permukaan tanah baik di sungai, danau maupun di luar proses lainnya sedangkan transpirasi adalah proses penguapan yang terjadi pada permukaan tanaman. Akibat penguapan, maka terkumpul massa uap air, pada kondisi tertentu di atmosfer akan berubah menjadi sekumpulan awan yang berpotensi menimbulkan hujan, yaitu apabila uap air telah memiliki butir – butir air diatas 1 mm.

2.2

Sebagian air hujan yang jatuh di permukaan bumi akan menjadi aliran permukaan. Aliran permukaan sebagian akan meresap ke dalam tanah menjadi aliran bawah permukaan melalui proses infiltrasi dan perkolasi, selebihnya akan berkumpul di dalam jaringan alur (sungai alam atau buatan) menjadi aliran sungai/saluran terbuka dan mengalir kembali ke dalam lautan. Sebagian air hujan yang tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dan sebagian lagi yang jatuh langsung ke dalam laut dan danau akan menguap kembali ke dalam atmosfer. Sebagian dari air bawah permukaan

diketa
hujan.

fenomena alam yang harus disadari dan perlu dipelajari. Karena hujan merupakan komponen paling penting dalam proses hidrologi, maka setiap kali kejadian perlu dicatat dan diukur besarnya.

Untuk melakukan pengukuran hujan diperlukan alat pengukur hujan (*raingauge*). Dalam pemakaiannya terdapat dua jenis alat ukur hujan, yaitu :

1. Penakar Hujan Biasa (*Manual Raingauge*)
2. Penakar Hujan Otomatis (*Automatic Raingauge*)

Biasanya pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam (harian). Namun untuk kepentingan tertentu sering juga pengukuran dilakukan berdasarkan periode jam-jaman (Sri Harto, 1993)

2.2.1. Metode Pengukuran Hujan

Hujan dapat diukur menggunakan alat ukur hujan yang umumnya disebut dengan alat ukur hujan (*rain gauge*), atau sering juga disebut Pluviometer (*pluviometer*) atau penakar hujan dari suatu pos hujan. Satuan untuk mengukur curah hujan adalah 1 (satu) mm. Nilai itu menunjukkan bahwa tebal air hujan menutupi diatas permukaan bumi setebal 1 mm, dan zat cair itu tidak meresap ke dalam tanah (permukaan bumi dianggap kedap air) atau tidak menguap kembali ke atmosfer.

2.2.2. Curah Hujan Daerah Aliran Sungai

Data hujan yang diperoleh pada stasiun penakar hujan hanya mendapat data curah hujan di suatu titik tertentu (*point rain fall*) dan daerah sekitar yang tidak

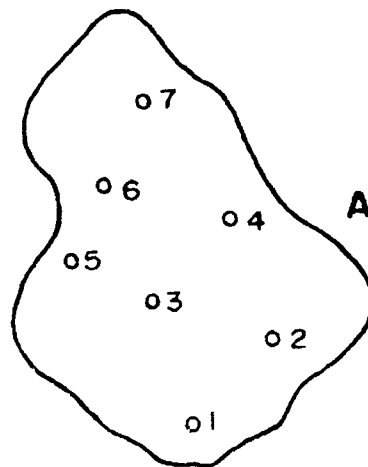
begitu luas. Untuk dapat mewakili daerah yang luas, maka data hujan tersebut harus diubah menjadi hujan rerata kawasan. Untuk menentukan besar hujan rerata pada daerah aliran sungai dapat dipakai beberapa cara yaitu : rerata Aljabar, rerata Thiessen, dan rerata Isohyet.

a. Rerata Aljabar

Pada prinsipnya hitungan dilakukan dengan menjumlahkan curah hujan dari beberapa stasion hujan yang dipilih selama periode tertentu dan membaginya dengan jumlah stasiunnya, sesuai persamaan :

$$R_{rr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (2.1)$$

dengan R_{rr} adalah hujan rerata (mm), n adalah jumlah stasiun dan R_i adalah hujan titik di stasiun i .



Gambar 2.2 Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Rerata Aljabar

b. Rerata Thiessen (*Thiessen Mean*)

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

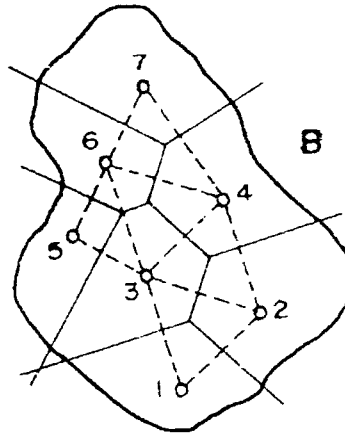
- c. Semua stasiun yang terdapat di dalam atau diluar DAS dihubungkan dengan garis dan akan membentuk jaring-jaring segitiga.
- c. Pada masing-masing segitiga ditarik garis sambungan membuat garis berat antar stasiun dan semua garis sumbu tersebut membentuk polygon.
- c. Mengukur luas setiap polygon 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 :

$$R_{rr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i \cdot R_i \quad (2.2)$$

$$W_i = \frac{A_i}{A} \quad (2.3)$$

Dengan R_{rr} 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 i



Gambar 2.3 Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Cara Poligon Thiessen

c. Rerata Isohyet (*Isohyetal Mean*)

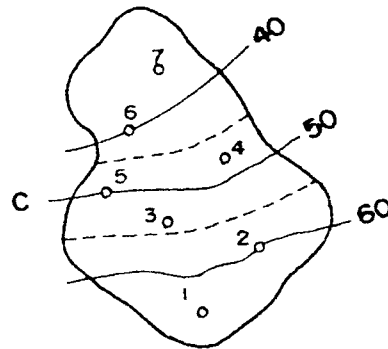
Isohyet merupakan garis yang menghubungkan titik-titik dengan tinggi hujan yang sama pada saat yang bersamaan. Pada cara isohyet pengaruh nilai kontur hujan telah dimasukkan. Cara Isohyet diyakini paling teliti, namun kesulitan terletak pada setiap kali harus menggambarkan garis isohyet, sesuai persamaan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

$$R_{rr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i \cdot R_i \quad (2.4)$$

$$W_i = \frac{A_i}{A_{tot}} \quad (2.5)$$

$$R_i = \frac{(R_1 + R_2)}{2} \quad (2.6)$$

Dengan R_{rr} adalah hujan rerata (mm), W_i adalah luas daerah Isohyet, A_i adalah luas antar Isohyet, R_1 adalah hujan Isohyet 1, R_2 adalah hujan Isohyet 2, R_i adalah hujan antar Isohyet dan A_{tot} adalah luas total daerah.



Gambar. 2.4 Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Cara Isohyet

2.2.3. Hujan Rancangan

Hujan rancangan adalah nilai hujan yang dipergunakan sebagai dasar masukan dalam analisis banjir rancangan. Dalam hal data hujan yang tersedia adalah hujan harian, maka hujan rancangan adalah hujan harian maksimum tahunan dengan kala ulang (*return period*) T tahun, sesuai persamaan :

$$R_T = R_{rr} + K_T \cdot \sigma \quad (2.7)$$

Dengan R_T adalah hujan harian rancangan dengan kala ulang T tahun, R_{rr} adalah hujan rerata data, k_T adalah faktor frekuensi untuk kala ulang T tahun dan σ adalah standar deviasi dari data.

2.3. Analisis Frekuensi Data Hujan

Tujuan dalam analisis frekuensi adalah untuk memperkirakan besaran tinggi hujan dengan kala ulang tertentu dari hujan terukur dengan menggunakan cara

statistik. Kala ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik, saat hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu rerata data tersebut, jadi tidak dapat diartikan bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut.

Dalam praktek analisis frekuensi, dijumpai beberapa cara penyiapan data yang akan dianalisis. Namun dalam penerapannya, cara penyiapan data yang paling baik adalah dengan mengumpulkan data hujan DAS yang diperoleh dari stasiun yang ada, lalu dihitung hujan rata – rata setiap hari sepanjang data tahunan yang tersedia.

2.3.1. Parameter Statistik

Parameter statistik digunakan untuk menentukan metode distribusi probabilitas yang sesuai untuk analisis frekuensi. Sebagai analisis awal untuk memilih distribusi frekuensi yang cocok dengan seri data hujan, terlebih dahulu dihitung nilai parameter-parameter dasar statistiknya, yaitu hujan rerata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan/asimetri (skewness) dan koefisien kurtosis. Nilai parameter statistik data hujan DAS Code dihitung sebagai berikut :

a. Hujan rerata

Adalah nilai rata-rata penyimpangan mutlak dari rata-rata hitung untuk semua nilai variant sesuai persamaan :

$$R_{rr} = \frac{1}{n} \sum R_i \quad (2.8)$$

Dengan : R_{rr} = Hujan rerata

n = Jumlah data

R_i = Nilai hujan variate ke-i

b. Standar Deviasi (σ)

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(R_i - R_{rr})^2}{(n-1)}} \quad (2.9)$$

Dengan : R_{rr} = Hujan rerata

n = Jumlah data

R_i = Nilai hujan variate ke-i

σ = Standar Deviasi

c. Koefisien Variasi (Cv)

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

$$Cv = \frac{\sigma}{R_{rr}} \quad (2.10)$$

Dengan : Cv = Koefisien Variasi

σ = Standar Deviasi

Rrr = Hujan rerata

d. Koefisien kemencengan/Skwenes (Cs)

Kemencengan adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Umumnya ukuran kemencengan (coefficient of skewness) dan dapat dihitung sesuai persamaan :

$$Cs = \frac{n \sum (Ri - Rrr)^3}{(n-1)(n-2)\sigma^3} \quad (2.11)$$

Dengan : Cs = koefisien kemencengan

Rrr = Hujan rerata

n = Jumlah data

Ri = Nilai hujan variate ke-i

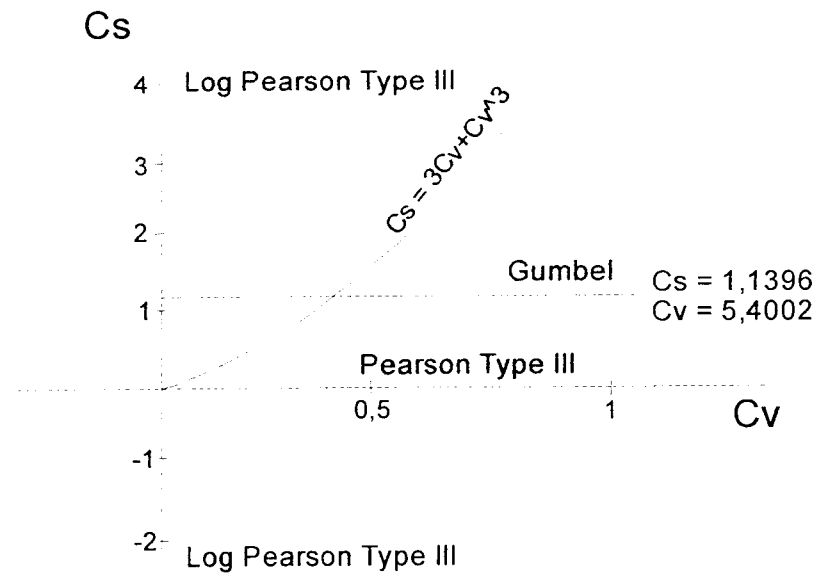
σ = Standar Deviasi

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dihitung sesuai persamaan :

$$C_k = \frac{n^2 \sum (R_i - R_{rr})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)\sigma^4} \quad (2.12)$$

- Dengan :
- C_k = koefisien kurtosis,
 - R_{rr} = Hujan rerata
 - n = Jumlah data
 - R_i = Nilai hujan variate ke-i
 - σ = Standar Deviasi



Gambar. 2.5 Perkiraan jenis sebaran atas dasar nilai Cv dan Cs

Sumber: Buku Mata Kuliah Rekayasa Hidrologi (Ir.Bambang Sulistiono.MSCE)

2.3.2. Jenis Sebaran

Setelah parameter statistik diketahui maka dapat ditentukan jenis sebaran yang cocok untuk digunakan dalam analisis frekuensi. Dalam analisis hidrologi dikenal jenis distribusi statistik yang sering digunakan diantaranya jenis distribusi/jenis sebaran yang sering dipakai adalah sebaran normal, sebaran log normal dua parameter, log person type III, dan Gumbell. Sebagai arahan untuk memilih jenis sebaran yang sesuai, diberikan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Pemilihan Sebaran

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

Sumber : Sri Harto, 1980

Setelah diketahui jenis sebaran, maka nilai faktor frekuensi (K_T) ditetapkan dengan melihat tabel untuk jenis sebaran tersebut, atau dihitung berdasarkan persamaan faktor frekuensi untuk jenis sebaran tertentu. Berikut persamaan untuk menghitung K_T , sesuai dengan jenis sebarannya.

$$K_T = -(6/\pi)^{1/2} [0,5772 + \ln\{\ln(T-1)\}] \quad (2.16)$$

T = Kala ulang Tahun (return Periods)

Nilai Z (standar Normal Deviate) tergantung dari besarnya kala ulang (T). Z dibaca dari tabel "Cumulative Probability Of The Standard Normal Distribution" dapat dilihat di Lampiran 1.

2.4 Hidrograf Satuan

Sherman pada tahun 1932 (dalam Sri Harto, 1993) mengemukakan bahwa Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (*direct runoff*) akibat hujan efektif merata diseluruh DAS dengan intensitas tetap dan terjadi dengan durasi dan kedalaman tertentu (satu satuan). Dengan definisi tersebut dapat diartikan bahwa hidrograf satuan merupakan tanggapan DAS secara menyeluruh dalam bentuk aliran (*hidrograf*) akibat masukan hujan yang dideskripsikan dengan satuan tinggi dan durasi tertentu dan merupakan representasi karakteristik tertentu dalam proses pengalihragaman hujan menjadi aliran. Konsep hidrograf satuan merupakan pendekatan mendasar yang dapat dikembangkan untuk perhitungan banjir rancangan.

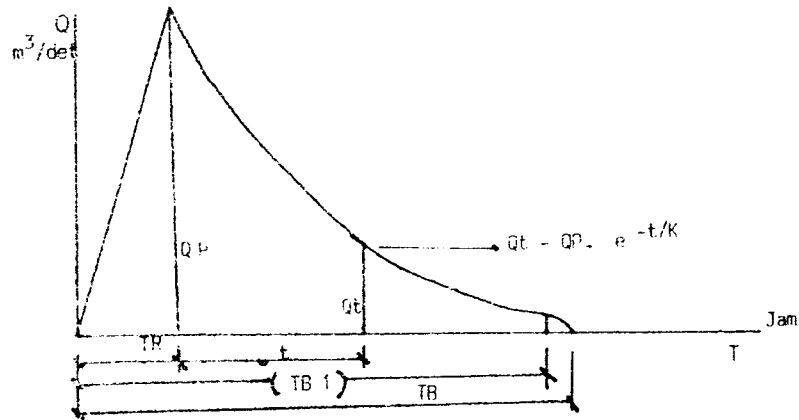
Berdasarkan ketersediaan data hidrograf satuan dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu hidrograf satuan terukur dan hidrograf satuan sintesis. Hidrograf satuan terukur dalam analisisnya didasarkan pada data hujan dan debit rerata dengan durasi dan kejadian yang sama. Sedangkan hidrograf satuan sintetik menggunakan pendekatan empiris, dikarenakan tidak adanya data hujan dan debit terukur. Beberapa rumus empiris untuk analisis hidrograf satuan sintetik adalah Snyder, Nakayasu, SCS, HSS Gama I (Sri Harto, 1993)

Untuk mendapatkan suatu banjir rencana dari hujan dapat dipakai cara dengan mentransformasikan hidrograf hujan menjadi hidrograf aliran sungai. Teori mengenai hidrograf satuan ada batas-batasnya. Jika tingkatan pengalirannya meningkat, kecepatan air di permukaan tanah dan disungai meningkat dan puncak hidrograf menjadi lebih tajam. Sebaliknya hambatan pengaliran air dipermukaan tanah juga meningkat dan mempunyai efek pengurangan pada hidrograf. Selanjutnya untuk memperoleh hidrograf satuan dalam suatu kasus banjir, maka diperlukan data sebagai berikut :

1. Rekaman AWLR,
2. Pengukuran debit yang cukup,
3. Data hujan biasa (manual),
4. Data hujan otomatis.

2.4.1. Hidrograf satuan sintetik Gama I (Sri Harto BR., 1993),

Hidrograf ini dikembangkan dari 30 DAS di Pulau Jawa. Komponen hidrograf satuan sintetik Gama I dan variabel lain sebagai dasar analisis menurut serangkaian persamaan Gambar 2.6 dan persamaan berikut:



Gambar 2.6 Unsur – unsur HSS Gama I

$$Q_t = Q_p e^{-t/K} \quad (2.17)$$

$$TR = 0,43(L/100SF)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775 \quad (2.18)$$

$$Q_p = 0,1836A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{0,2381} \quad (2.19)$$

$$TB = 27,4132TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574} \quad (2.20)$$

$$K = 0,5617 A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452} \quad (2.21)$$

$$\phi = 10,4903 - 3,859 \cdot 10^{-6} A^2 + 1,6895 \cdot 10^{-13} (A/SN)^4 \quad (2.22)$$

$$QB = 0,4751A^{0,6444} D^{0,9430} \quad (2.23)$$

dengan Q_t adalah ordinat hidrograf pada waktu t , Q_p adalah ordinat puncak hidrograf, t adalah waktu hidrograf, K adalah koefisien tampungan, TR adalah waktu naik hidrograf, ϕ adalah indeks infiltrasi yaitu kehilangan hujan, Q_B adalah aliran dasar dan L adalah panjang sungai utama.

Berdasar konsep dasar daur hidrologi ternyata selain parameter tersebut di atas ada beberapa parameter lain yang sangat menentukan proses pembentukan hidrograf, yaitu: faktor-sumber (SF), frekuensi-sumber (SN), faktor-lebar (WF) luas DAS sebelah hulu (RUA), faktor-simetri (SIM) dan jumlah pertemuan sungai (JN).

Takrif masing-masing parameter tersebut adalah berikut ini:

- 1) Faktor-sumber (SF) adalah perbandingan antara jumlah panjang sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai-sungai semua tingkat.
- 2) Frekuensi-sumber (SN) adalah perbandingan jumlah pangsa (segment) sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah pangsa sungai semua tingkat.
- 3) Faktor-lebar (WF) adalah perbandingan antara lebar DAS yang diukur di titik di sungai yang berjarak $0,75 L$ dan lebar DAS yang diukur di titik kontrol (stasiun hidrometri).
- 4) Luas DAS sebelah hulu (RUA) adalah perbandingan antara luas DAS di sebelah hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara titik kontrol dengan titik di sungai yang terdekat dengan pusat berat DAS.
- 5) Faktor-simetri (SIM) adalah hasil kali antara faktor-lebar (WF) dengan luas DAS sebelah hulu (RUA). Jadi $SIM = WF \times RUA$. Faktor ini merupakan petunjuk untuk memberikan (*describe*) bentuk DAS secara umum. Apabila nilai faktor-simetri lebih besar dari $0,5$, maka pada umumnya bentuk DAS

lebar di sebelah hulu, dan menyempit di sebelah hilir. Sebaliknya bila SIM lebih kecil dari 0,5, maka bentuk DAS pada umumnya kecil di sebelah hulu dan melebar di sebelah hilir.

- 6) Jumlah pertemuan sungai (JN) adalah jumlah semua pertemuan sungai di dalam DAS tersebut. Jumlah ini tidak lain adalah jumlah pangsa sungai tingkat satu dikurangi satu.
- 7) Kerapatan-jaringan-kuras (D), yaitu jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS.
- 8) Penetapan tingkat-tingkat sungai dilakukan sesuai dengan cara Strahler sebagai berikut:
 - a. Sungai-sungai paling ujung adalah sungai-sungai tingkat satu.
 - b. Apabila kedua buah sungai sama tingkatnya bertemu akan terbentuk sungai satu tingkat lebih tinggi. .
 - c. Apabila sungai dengan suatu tingkat bertemu dengan sungai dengan tingkat yang lebih rendah, maka tingkat sungai pertama tidak berubah.

Semua parameter hidrograf di atas dapat diperoleh dari peta topografi. Berdasarkan data hujan yang tersedia, hujan rancangan yang dapat dianalisis adalah hujan harian maksimum tahunan, sehingga untuk dapat dipakai sebagai masukan harus didistribusikan sesuai dengan beda-waktu (*time step*) hidrograf satuan, yaitu sebaran menurut beda waktu satu jam (*hourly distribution*), sesuai cara yang tersedia dan *Alternating Block Method*. Hujan efektif didapat dari distribusi hujan tersebut dikurangi dengan indeks infiltrasi (ϕ).

2.5. 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 (debit maksimum saja atau berupa hidrograf banjir) diantaranya (Sri Harto, 1993)

1. Cara empirik berdasarkan persamaan rasional untuk sungai-sungai yang belum pernah terukur (tidak terdapat data AWLR dan data pengukuran debit)
2. Cara pendekatan statistik analisis frekuensi untuk sungai-sungai yang mempunyai data cukup panjang
3. Cara perkiraan banjir yang didasarkan pada teori hidrograf satuan, menggunakan masukan berupa data hujan, AWLR dan debit.

Besarnya banjir rancangan dinyatakan dalam debit banjir sungai dengan kala ulang tertentu. Kala ulang debit adalah suatu nilai rerata kurun waktu dimana debit yang terjadi menyamai atau melampaui besarnya debit banjir yang ditetapkan (banjir rancangan). Sebagai contoh adalah apabila ditetapkan banjir rancangan dengan kala ulang T tahun, maka dapat diartikan bahwa kejadian debit banjir yang sama atau melampaui dari debit banjir rancangan terjadi rerata setiap T tahun sekali. Pernyataan tersebut dapat pula dikatakan bahwa periode ulang rata-rata kejadian debit banjir sama atau melampaui

debit banjir rancangan adalah sekali setiap T tahun. Untuk memperoleh besarnya nilai banjir rancangan bisa digunakan bermacam-macam cara. Berikut salah satu persamaan untuk perhitungan banjir rancangan.

$$Q_T = Q_{LL} \text{ Maks. } T \text{ tahun} + Q_{BF} \quad (2.24)$$

$$Q_{LL} = H_e \times U_{HSS} \quad (2.25)$$

$$H_e = H_{tot} - \Phi \quad (2.26)$$

Dengan U adalah Ordinat Hidrograf Satuan, H_e adalah Hujan Efektif, Q_{BF} adalah aliran dasar, Q_{LL} adalah Debit limpasan langsung, dan Q_T adalah Debit Rancangan kala ulang T tahun.

Analisis banjir rancangan dengan teknik hidrograf satuan terbagi dalam beberapa tahapan, yaitu tahapan analisis: hidrograf satuan, hujan rancangan, sebaran hujan, hujan efektif, dan nilai aliran dasar. Dengan diketahui ordinat hidrograf satuan dan hujan efektif, maka dengan cara konvolusi dapat dihitung hidrograf limpasan langsung, kemudian dengan menambahkan aliran dasar, dapat diketahui debit puncak sebagai nilai banjir rancangan (Q_T).

2.6 Pengukuran Debit Sungai

Pengukuran debit dapat dilakukan pada waktu – waktu tertentu dan semakin banyak pengukuran yang dilakukan maka makin teliti pula analisa datanya. Pengukuran debit dapat dilakukan dengan 2 macam cara :

1. Pengukuran tidak langsung.
2. Pengukuran debit cara langsung.

2.6.1 Analisis Debit

Untuk menentukan besar debit rencana ada beberapa metode yang digunakan, diantaranya adalah metode analisis debit terukur dan metode analisis debit teoritik. Berikut penjelasannya :

a. Analisis Debit Terukur

Untuk debit terukur menggunakan data debit yang ada pada stasiun-stasiun hidrometri yang ada pada sungai Code. Data debitnya diperoleh dari data sekunder yang diambil dari Balai PSDA wilayah sungai Progo – Opak – Oyo Daerah Istimewa Yogyakarta, yang berupa Grafik lengkung Debit di stasiun Kaloran.

b. Analisis Debit Teoritik

Debit teoritik menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dan beberapa jenis sebaran hujan (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco). Untuk mendapatkan suatu Hidrograf Satuan Sintetik Gama I perlu tersedia data yang baik, yaitu data AWLR, data pengukuran debit, data hujan harian, dan data hujan jam-jaman.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian Saihul Anwar (2001), membahas tentang DAS Cimanuk-Cisanggarung dan beberapa DAS di pulau Jawa melalui analisis hidrograf. Metodologi yang digunakan untuk menghitung dan menggambarkan hidrograf aliran masih menggunakan cara yang konvensional yaitu dengan mengukur kecepatan pada ketinggian tertentu untuk mewakili suatu luasan penampang sedangkan untuk menentukan besar debit aliran sungai dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pengukuran debit sungai dilakukan terlebih dahulu mengukur tinggi muka air sungai dengan alat ukur otomatis. Pemasangan alat ini dilakukan pada tempat penampang sungai yang stabil. alur sungai relatif lurus serta bentuk penampang sungai yang teratur,
2. Pengukuran debit sungai dilakukan beberapa kali pada ketinggian air sungai yang berbeda dengan membagi-bagi penampang sungai menjadi beberapa pias, apabila kedalaman sungai cukup dalam maka pengukuran kecepatan dilakukan pada kedalaman 0,2 kali ketinggian air.
3. Pengukuran debit tersebut dilakukan berkali-kali sehingga diperoleh hubungan antara kedalaman air sungai pada penampang tertentu.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sungai cimanuk menunjukkan bahwa debit rata-rata maksimum sebesar 260 m³/dt, sedangkan debit rata-rata minimum sebesar 11 m³/dt dan debit rata-rata maksimum pada sungai cisanggarung sebesar 49 m³/dt, sedangkan debit rata-rata

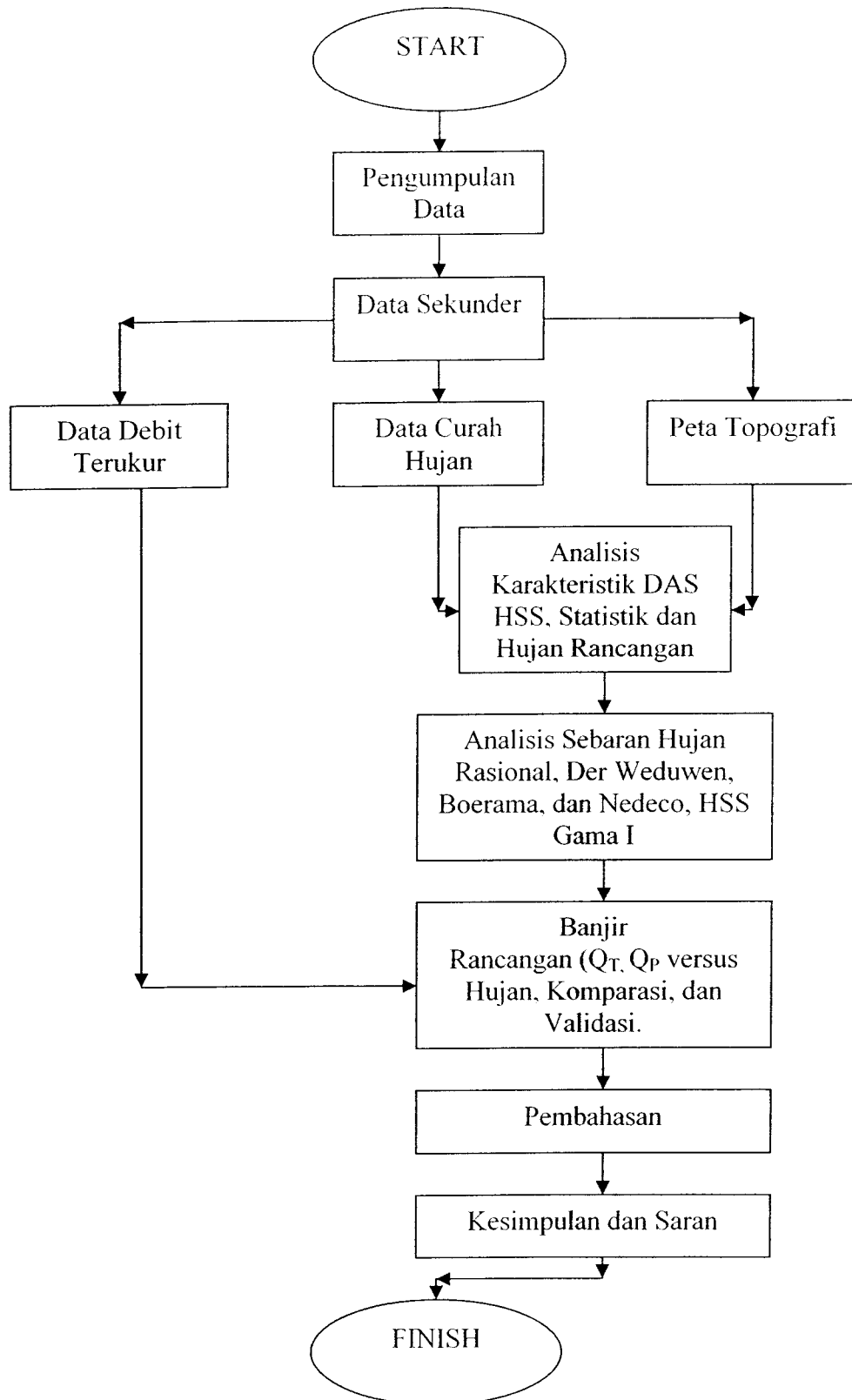
BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian tentang komparasi metode sebaran hujan dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan lebih spesifik pada DAS Sungai Code terukur di stasiun hidrometri Kaloran. Sungai Code merupakan salah satu sungai besar yang melintas dalam kota Yogyakarta selain dua sungai besar yang lain yaitu Winongo dan Gajahwong. Sungai Code memiliki total luas daerah aliran sungai sebesar 62,475 km² sepanjang kurang lebih 44 km mengalir melewati dua kabupaten Sleman dan Bantul dan satu Kotamadya Yogyakarta. Berawal dari lereng gunung Merapi dan bermuara di sungai Opak untuk selanjutnya diteruskan ke Samudra Indonesia.

3.2 Cara Penelitian

Metode/cara yang dilakukan dalam penelitian adalah analitik-komparatif, yaitu berdasarkan data lapangan yang tersedia seperti data hujan, data debit, dan peta topografi dianalisis sebaran hujannya (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco), kemudian dilakukan analisis besaran debit maksimum dengan teknik hidrograf satuan (HSS Gama I). Hasil analisis diuji dengan data debit terukur. Selanjutnya untuk *flow chart* (bagan alir) pelaksanaan penelitian yang dilakukan sebagaimana diberikan pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flow Chart*/Bagan alir Penelitian.

3.3 Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data, khususnya data sekunder, telah dimulai sejak dimulainya penelitian. Beberapa jenis data sudah terkumpul, yang meliputi data – data hujan, topografi, dan debit. Secara umum jenis data yang akan dikumpulkan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder adalah segala informasi yang diperoleh dari pihak lain yang berkompeten, tidak diperoleh langsung dari lapangan.. Data sekunder dapat berupa catatan, hasil pengukuran, hasil analisis yang diperoleh oleh suatu instansi atau tim studi, buku-buku laporan proyek dan peraturan kebijaksanaan daerah. Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung yang meliputi hasil pengamatan, pencatatan, pengukuran dan wawancara langsung pada sumber–sumber yang relevan, melalui survei lapangan. Berikut disampaikan daftar data sekunder yang diperlukan beserta tempat/instansi sumber data tersebut diperoleh, seperti dijabarkan dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jenis Data Sekunder yang dikumpulkan.

No	Jenis Data Sekunder	Sumber Data	Keterangan
1	Peta Topografi/Rupa Bumi	Pusat Pelayanan Informasi Kebumihan UGM	Peta DIY dengan skala 1 : 25.000
2	Data Curah Hujan	Balai PSDA wilayah sungai Progo - Opak - Oyo DIY	Stasiun hujan untuk tahun 1991 - 2005
3	Data Debit terukur dikaloran	Balai PSDA wilayah sungai Progo - Opak - Oyo DIY	Stasiun Debit untuk tahun 2003 - 2005

Ketersediaan data yang baik merupakan syarat yang mutlak jika akan dilakukan analisis hidrologi (hujan dan banjir rencana). Kualitas data yang baik dan kuantitas data yang mencukupi didukung dengan tahapan analisis yang benar akan menghasilkan kualitas rancangan yang valid juga. Untuk menganalisis banjir rencana, dibutuhkan data debit banjir maksimum ataupun data hujan maksimum. Data sekunder yang terkumpul sebelum di analisis, dicek terlebih dahulu. Setelah dicek data yang perlu diolah dikelompokkan antara lain :

a. Data Hujan

Data hujan memuat catatan tinggi hujan dari stasiun hujan. Data hujan dapat berasal dari stasiun hujan otomatis maupun manual. Data hujan dari stasiun otomatis menginformasikan catatan hujan setiap waktu (*kontinyu*), data ini digunakan untuk analisis distribusi jam-jaman. Dari data hujan yang ada dapat diketahui tinggi hujan pada titik yang ditinjau, yang selanjutnya dapat dipergunakan untuk analisis banjir akibat hujan dengan menggunakan hidrograf satuan sintetik (HSS Gama I). Analisis selanjutnya diarahkan untuk memperkirakan besarnya debit banjir dengan kala ulang tertentu.

Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder, yaitu: data hujan harian, topografi, dan debit. Data hujan diambil dari stasiun hujan di DAS Code, di bawah pengelolaan Balai PSDA Progo-Opak-Oya (POO), yaitu stasiun hujan: Kemput, Angin-angin, Prumpung, Beran, Santan, dan Karang Ploso (untuk tahun 1991-2000) selanjutnya untuk stasiun hujan: Kemput, Angin-angin, Prumpung, Beran, Gemawang dan Bedugan (untuk tahun 2001–2005) dengan panjang data 15 tahun

Debit maksimum terukur dikaloran digunakan untuk analisis validasi (mencari yang paling cocok) dengan perhitungan banjir rancangan dengan mengkomparasikan hasil penelitian dari 4 Metode, yaitu Metode Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco.

3.4 Analisis data

Perhitungan/analisis selanjutnya yaitu :

- a. Hujan Rancangan, Sebaran Hujan
- b. HSS Gama I
- c. Banjir Rancangan yang memuat : Q_T , Q_P versus Hujan, Komparasi, dan Validasi.

a. Hujan rancangan

Hujan rancangan untuk keperluan analisis debit banjir ditentukan berdasarkan perhitungan analisis. Berikut hasil hitungan analisis frekwensi hujan menggunakan analisis statistik dilakukan seperti yang tersaji pada Tabel 3.4. :

Tabel 3.4. Analisa frekuensi hujan harian rerata daerah maksimum

Tahun	Ri	(Ri - Rrr)	(Ri - Rrr) ²	(Ri - Rrr) ³	(Ri - Rrr) ⁴
1991	88,59	11,5433	133,2485	1538,1324	17755,1746
1992	89,85	12,8033	163,9253	2098,7908	26871,5186
1993	60,24	-16,8067	282,4640	-4747,2790	79785,9364
1994	78,74	1,6933	2,8674	4,8554	8,2219
1995	88,57	11,5233	132,7872	1530,1513	17632,4434
1996	65,72	-11,3267	128,2934	-1453,1363	16459,1908
1997	99,07	22,0233	485,0272	10681,9159	235251,3955

1998	70,10	-6,9467	48,2562	-335,2196	2328,6587
1999	57,06	-19,9867	399,4668	-7984,0107	159573,7598
2000	103,65	26,6033	707,7373	18828,1725	500892,1487
2001	76,27	-0,7767	0,6032	-0,4685	0,3639
2002	67,78	-9,2667	85,8711	-795,7390	7373,8477
2003	50,62	-26,4267	698,3687	-18455,5571	487718,8567
2004	71,07	-5,9767	35,7205	-213,4898	1275,9573
2005	88,37	11,3233	128,2179	1451,8538	16439,8242
	1155,70	0	3432,8549	2148,9721	1569367,2981

Sumber : Hasil Pengolahan data

Nilai parameter statistik data hujan harian rerata daerah maksimum :

- Jumlah data hujan (n) = 15

- Jumlah tot R_i Maks. ($\sum R_i$) = 1155,70

- Hujan rerata (R_{rr}) = $\frac{1}{n} \sum R_i = \frac{1}{15} \times 1155,70 = 77,0467$

- Standar deviasi (σ) = $\sqrt{\frac{\sum (R_i - R_{rr})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{3432,8549}{14}} = 15,6590$

- Koefisien variasi (Cv) = $\frac{\sigma}{R_{rr}} = \frac{15,6590}{77,0467} = 0,2032$

- Koefisien skewness (Cs) = $\frac{n \sum (R_i - R_{rr})^3}{(n-1)(n-2)\sigma^3} = \frac{15 \times 2148,9721}{(15-1)(15-2)15,6590^3}$
= 0,0461

- Koefisien kurtosis (Ck) = $\frac{n^2 \sum (R_i - R_{rr})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)\sigma^4}$
= $\frac{15^2 \times 1569367,2981}{(15-1)(15-2)(15-3)15,6590^4}$
= 2,6891

Dengan cara yang sama Hujan rencana kala ulang 50, 100, dan 200 didapatkan hasilnya berturut-turut sebagai berikut : 109,5320; 114,0648 dan 118,1283 mm.

Setelah didapkannya hujan rencana kala ulang dilanjutkan perhitungan sebaran hujan dengan metode Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco (dalam % Diskret) dalam Tabel 3.5 sebagai berikut :

Tabel 3.5 Sebaran hujan jam-jaman menurut Rasional, der Weduwen, Boerema, dan Nedeco (dalam % diskret).

Jam ke	Rasional	Der Weduwen	Boerama	Nedeco
1	58	52	51	43
2	15	14	16	12
3	11	6	11	8
4	9	4	11	6
5	7	3	4	5
6	0	3	3	3
7	0	2	2	3
8	0	1	1	2
9	0	1	0	1,125
10	0	1	0	1,2
11	0	1	0	1,2
12	0	1	0	1,2
13	0	1	0	1,2
14	0	1	0	1,2
15	0	1	1	1,2
16	0	1	0	1,2
17	0	0,5	0	1,2
18	0	0,5	0	1,2
19	0	1	0	1,2
20	0	1	0	1,2
21	0	1	0	1,2
22	0	1	0	1,2
23	0	1	0	1,2
24	0	1	0	0,075

Sumber : Hasil Pengolahan data.

perhitungan yang lain dapat dilihat di Lampiran 5.

Tabel 3.6 Sebaran hujan jam-jaman menurut Rasional, der Weduwen, Boerema, dan Nedeco (dalam % diskret).

<i>Untuk R₂₅</i>	104,6966 mm			
Jam ke	Rasional (mm)	Der Weduwen (mm)	Boerema (mm)	Nedeco (mm)
1	60,7240	54,4422	53,3953	45,0195
2	15,7045	14,6575	16,7515	12,5636
3	11,5166	6,2818	11,5166	8,3757
4	9,4227	4,1879	11,5166	6,2818
5	7,3288	3,1409	4,1879	5,2348

Sumber : Hasil Pengolahan data

b. Parameter HSS Gama I

Dengan menggunakan persamaan-persamaan HSS Gama I, parameter Hidrograf Satuan Sintetik dapat dihitung. Di bawah ini diberikan hitungan parameter HSS Gama I DAS Code dalam Tabel 3.7 Parameter HSS Gama I DAS Code sebagai berikut :

Tabel 3.7 Parameter HSS Gama I

No	Parameter HSS Gama I	Simbol	Formula	Satuan	Hasil
1	Waktu Naik	TR	$0,43(L/(100 \times SF))^3 + 1,0665 \times SIM + 1,2775$	jam	2,239
2	Waktu Dasar	TB	$27,4132 \times TR^{0,1457} \times S^{-0,0986} \times SN^{0,7344} \times RUA^{0,2574}$	jam	25,134
3	Debit Puncak	QP	$0,1836 \times A^{0,5886} \times TR^{-0,4008} \times JN^{0,2381}$	m ³ /s	2,954

4	Koefisien Tampung	K	$0,5617 \times A^{0,1798} \times S^{-0,1446} \times SF^{-1,0897} \times D^{0,0452}$	jam	2,953
5	Base flow/Aliran Dasar	Qb	$0,4751 \times A^{0,6444} \times D^{0,943}$	m ³ /s	5,007
6	Indeks Infiltrasi	Phi indeks	$10,4903 - 3,8569 \times 10^{-6} \times A^2 + 1,6985 \times 10^{-13} (A/SN)^4$	mm	10,475

Sumber : Hasil Pengolahan data

Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) secara lengkap, dibuat dengan cara sebagai berikut :

- Berdasarkan teori HSS Gama I, sisi naik hidrograf satuan dianggap garis lurus.
- Sisi – resesi dihitung berdasarkan besarnya (nilai) koefisien tampung (K) dan waktu – resesi (waktu turun, "t") hidrograf satuan, yaitu dihitung dengan rumus berikut :

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-t/k}$$

Dengan :

Q_t = Debit pada sisi turun, m³/dt,

Q_p = Debit puncak, m³/dt,

e = Dasar logaritma natural (2,71828),

t = Interval waktu resesi, jam,

K = Koefisien tampung, jam.

d. Banjir rancangan

Dalam perhitungan banjir rancangan dengan hidrograf satuan sintetik, dengan dasar bahwa komponen aliran (debit) pada sungai dapat dimasukkan kedalam persamaan :

$$Q_T = Q_{LL} \text{ Maks. T tahun} + Q_{BF}$$

$$Q_{LL} = H_e \times U_{HSS}$$

$$H_e = H_{tot} - \Phi$$

a. Untuk Metode Rasional dengan $R_T = R_{25}$

Misal :

1) Jam ke 1

$$H_e = H_{tot} - \Phi$$

$$H_e = 60,7240 - 10,475 = 50,2488$$

$$Q_{LL} = H_e \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 50,2488 \times 1,31908 = 66,2818 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} = 66,2818 \text{ m}^3/\text{dt}$$

2) Jam ke 2

$$H_e = H_{tot} - \Phi$$

$$H_e = 15,7045 - 10,475 = 5,2292$$

$$Q_{LL} = H_e \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 50,2488 \times 2,6381 = 132,5637 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 5,2292 \times 1,31908 = 6,8977 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} = 139,4615 \text{ m}^3/\text{dt}$$

3) Jam ke 3

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 11,5166 - 10,475 = 1,0414$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 50,2488 \times 2,2828 = 114,7073 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 5,2292 \times 2,6381 = 13,7955 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL3} = 1,0414 \times 1,31908 = 1,3736 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} + Q_{LL3} = 129,8764 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Untuk jam ke-4 sampai dengan jam ke-24 hampir sama cara perhitungannya.

Setelah diperoleh hasil $\sum Q_{LL}$ sampai jam ke-24 dicari yang maksimumnya yang

hasilnya dinamakan $Q_{LL \text{ tot}}$. Selanjutnya untuk perhitungan $Q_s \text{ tot} = Q_{LL \text{ tot}} + Q_{BF}$.

Untuk $R_T = R_{25}$

$$Q_s \text{ tot}/Q_T = 139,4615 + 5,007 = 144,468 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Hasil perhitungan selengkapnya ini dapat dilihat di Lampiran 6

b. Untuk Metode Der Weduwen dengan $R_T = R_{25}$

Misal :

1) Jam ke 1

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 54,4422 - 10,475 = 43,9670$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 43,9670 \times 1,31908 = 57,9957 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} = 57,9957 \text{ m}^3/\text{dt}$$

c. Untuk Metode Boerama dengan $R_T = R_{25}$

Misal :

1) Jam ke 1

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 53,3953 - 10,475 = 42,9200$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 42,9200 \times 1,31908 = 56,6157 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} = 56,6157 \text{ m}^3/\text{dt}$$

2) Jam ke 2

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 16,7515 - 10,475 = 6,2762$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 42,9200 \times 2,6381 = 113,2294 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 6,2762 \times 1,31908 = 8,2787 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} = 121,5082 \text{ m}^3/\text{dt}$$

3) Jam ke 3

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 11,5166 - 10,475 = 1,0414$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 42,9200 \times 2,2828 = 97,9773 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 6,2762 \times 2,6381 = 16,5575 \text{ m}^3/\text{dt}$$

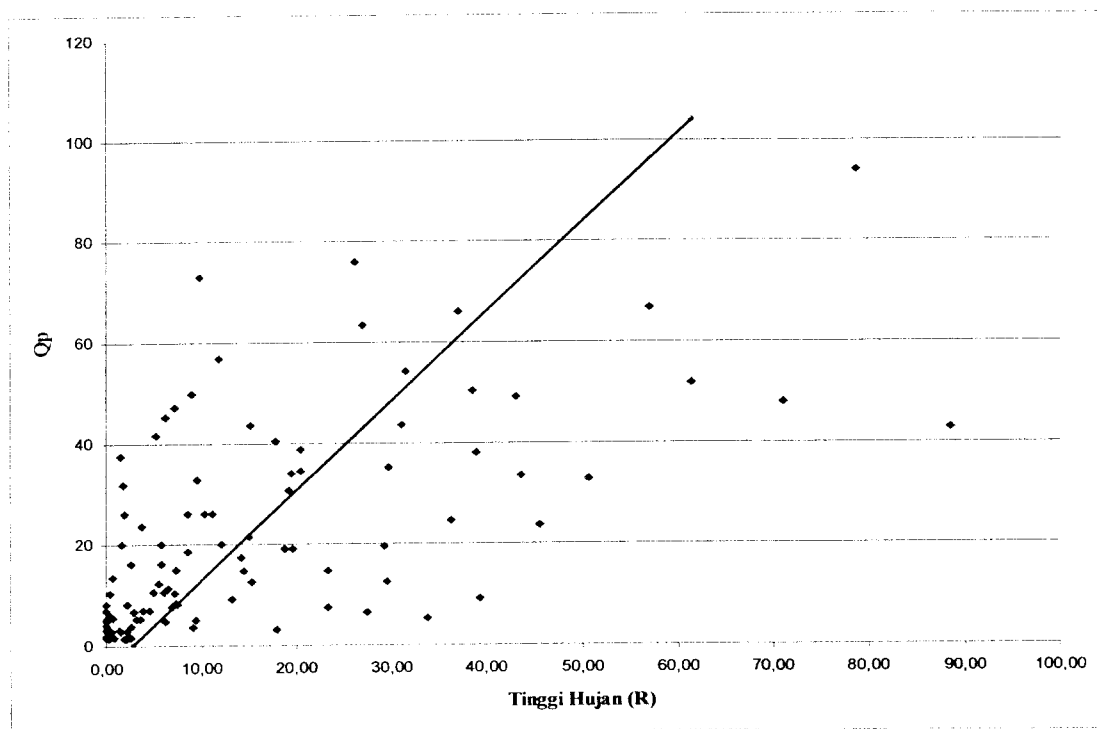
$$Q_{LL3} = 1,0414 \times 1,31908 = 1,3736 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} + Q_{LL3} = 115,9084$$

2005.

Dari data Q_p versus Tinggi Hujan dibuat analisis statistik untuk digunakan sebagai persamaan regresi. Regresi yang digunakan yaitu regresi linier. Dari analisis regresi yang dilakukan menggunakan cara ANOVA dalam Microsoft Excell didapatkan persamaan regresinya, yaitu : $0,4734 + 0,61103 x$. Gambar 3.4 Grafik regresi antara Q_p vs R sebagai berikut :

Gambar 3.3 Grafik regresi antara Q_p vs R



Dari hasil regresi antara Q_p vs R menunjukkan bahwa hubungan antara Q_p pengamatan dengan tinggi hujan ada hubungan korelasi tetapi hubungannya kurang erat, maka dilakukan koreksi-koreksi. Dengan koreksi yang dilakukan menggunakan analisis statistik cara ANOVA dalam Microsoft Excell didapatkan hasilnya sebagai

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Tugas akhir yang disusun adalah mengkomparasikan beberapa jenis sebaran hujan sebagai input dalam analisis banjir rancangan. Penelitian dilakukan untuk membahas mengenai jenis sebaran hujan jam–jaman (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco) berdasarkan data hujan harian (dari tahun 1991-2005) yang paling sesuai dengan data banjir yang terjadi di tempat pengukuran sebagai masukan pemilihan metode bagi perancang dalam analisis banjir rancangan yang paling cocok/mendekati dengan data debit terukur dilapangan. Lokasi penelitian terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan lebih spesifik pada DAS Sungai Code terukur di stasiun hidrometri Kaloran, yang aliran sungainya berawal dari lereng gunung merapi dan bermuara di sungai Opak.

Hasil penelitian yang dilakukan mendapatkan :

1. Hujan harian maksimum atas dasar data dari tahun 1991 sampai dengan 2005 berturutan adalah : 88,59; 89,85; 60,24; 78,74; 88,57; 65,72; 99,07; 70,10; 57,06; 103,65; 76,27; 67,78; 50,62; 71,07 dan 88,37 mm.
2. Hujan rancangan harian dengan kala ulang 25, 50, 100, dan 200 tahun adalah berturutan sebagai berikut : 104,6966; 109,5320; 114,0648 dan 118,1283 mm.
3. Sebaran hujan dengan menggunakan cara Rasional, Der Weduwen, Boerama dan Nedeco hasilnya dapat dilihat di Lampiran 5.

4. Banjir rancangan dengan hidrograf satuan sintetik Gama I dengan dasar bahwa komponen aliran (debit) pada sungai didapatkan nilai debit max (Q_T) dengan Q_{BF} adalah 5.007 dan kala ulang setiap 25, 50, 100, dan 200 tahun, dimulai dari Rasional, Der weduwen, Boerama, dan Nedeco secara berturutan yaitu : 144,468; 152,824; 160,657; 167,678 m^3/dt untuk Rasional, 126,515; 134,041; 141,097; dan 147,422 m^3/dt untuk Der Weduwen, 126,515; 134,041; 141,097; dan 147,422 m^3/dt untuk Boerama, sedangkan 98,895; 105,145; 111,005; dan 116,258 m^3/dt untuk Nedeco.
5. Regresi untuk hubungan $Q_{pengamatan}$ dengan Tinggi hujan (R) dengan data debit terukur 3 tahun terakhir (2003-2005) didapatkan persamaan regresi yang digunakan untuk analisis validasi beberapa metode sebaran hujan . Persamaan regresi hubungan Q_p vs R adalah $Q = 0,7215 R - 1.2819$.
6. Validasi antara Q_T sintetik dengan $Q_{pengamatan}$ dengan metode sebaran hujan (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco) dengan kala ulang mulai dari 25, 50, 100, dan 200 tahun didapatkan nilainya sebagai berikut :
 - a. Metode Rasional hasil deviasinya adalah 0,95; 0,97; 0,98; dan 1,00 dan reratanya 0,97
 - b. Metode Der Weduwen hasil deviasinya adalah 0,70; 0,72; 0,74; dan 0,76 dan reratanya 0,73

- c. Metode Boerama hasil deviasinya adalah 0,70; 0,72; 0,74; dan 0,76 dan reratanya 0,73
- d. Metode Nedeco hasil deviasinya adalah 0,33; 0,35; 0,37; dan 0,38 dan reratanya 0,36

4.2 Pembahasan

Penerapan metode polygon thiessen untuk penelitian yang dilakukan dengan pengambilan pos stasiun hujan yang bermacam-macam (tahun 1991-2000 yaitu, Kempud, Angin - angin, Prumpung, Beran, Santan, dan Karang Ploso, sedangkan tahun 2001-2005 adalah Kempud, Angin - angin, Prumpung, Beran, Gemawang dan Bedugan) dikarenakan stasiun Gemawang dan Bedugan baru berdiri atau aktif mulai tahun 2001-2005 dan Untuk Santan dan Karang Ploso digantikan atas dasar stasiun hujannya lebih jauh dari DAS Code (lebih dekat stasiun Gemawang dan Bedugan). Dipakainya metode Poligon Thiessen atas dasar dalam pencatatan data hujan bahwa setiap pos hujan dapat mewakili tebal hujan dari suatu daerah dengan luas tertentu. Luas tertentu itu adalah luas daerah yang dibatasi garis tegak lurus yang melalui dan membagi menjadi dua bagian yang sama dari setiap garis lurus yang menghubungkan setiap dua pos hujan yang berdekatan, sehingga jika salah satu pos hujan tidak terukur datanya karena misalnya alatnya rusak, alat belum terpasang (diaktifkan) atau datanya meragukan maka jaringan polygon juga akan ikut berubah dan hasil luas daerahnya pun berubah pula.

Debit maksimum terukur didapatkan dari pembacaan grafik AWLR yang dicari maksimumnya yang berlokasi di stasiun Kaloran yang kemudian dengan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari uraian analisis perhitungan di muka dapat dibuat kesimpulan, yaitu untuk jenis sebaran yang telah dikomparasikan dan divalidasi sebagai masukan pemilihan metode bagi perancang dalam analisis banjir rancangan yang paling cocok/mendekati dengan data debit terukur dilapangan adalah Nedeco. Dengan bukti hasil reratanya paling kecil yaitu 0,36 daripada hasil rerata metode yang lain (Rasional = 0,97, Der Weduwen = 0,73, dan Boerama = 0,73).

5.2 Saran

Dari beberapa kesimpulan diatas maka saran yang dapat diberikan adalah :

1. Bagi perancang yang selama ini menggunakan jenis sebaran hujan dalam perhitungan banjir rancangan menurut yang disukainya, maka dengan penelitian yang telah dilakukan pilihlah atau gunakanlah metode/cara sebaran hujan Nedeco, dikarenakan hasilnya paling mendekati dengan data debit terukur dilapangan.
2. Perlunya data-data yang lebih lengkap dan lebih memadai sehingga dapat diketahui metode sebaran hujan yang lebih teliti dan akurat dengan membandingkan dengan metode-metode sebaran hujan yang lainnya.

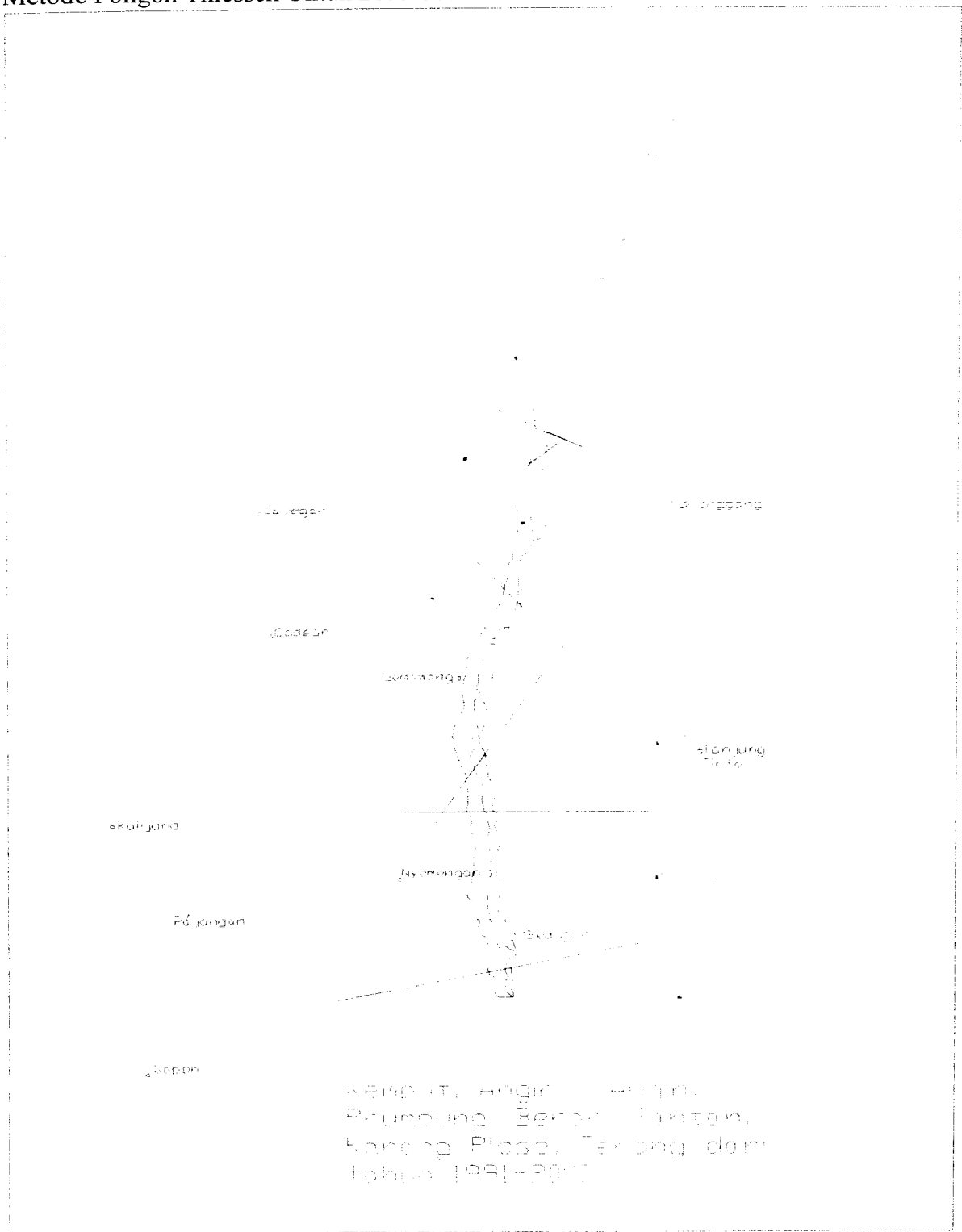
Daftar Pustaka

1. Bambang Sulistiono. 2001. *Diktat kuliah Rekayasa Hidrologi*, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan UII.
2. Chow, V.T., D.R Maidment, L.W. Mays, McGrawHill. 1988. *Applied Hydrology*. New York.
3. ECI. 1978. *Karangsambung/Wadaslintang Multi-Purpose Project, Hydrology Appendix*. Denver, USA.
4. Engginerring Consultants. 1978. *Hydrology Appendix*. INC.Denver Colorado, USA.
5. Heru Prayogo. 2004. *Analisis Hidrolika Banjir Dan Upaya Pengendaliannya Pada Sungai Code Dengan Menggunakan Software HEC-RAS Versi 3.1*, Tugas Akhir Tidak dipublikasikan secara umum.
6. Joesron Loebis. 1984, *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Dinas Pekerjaan Umum.
7. Joesron Loebis, 1993. *Hidrologi Sungai*. Departemen Pekerjaan Umum.
8. Johar Arifin. 2005. *Aplikasi Excel dalam Statistik dan Riset Terapan*. PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta.
9. Lalu Makruf. 2004. *Analisis Frekuensi Dalam Hidrologi*. UII Yogya
10. Rosalina. 2005. *Analisis Statistik Menggunakan Aplikasi Excel*. Alfabeta Cv.
11. Soemarto. 1987. *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
12. Saihul Anwar. 2001. *Metode penelitian Kondisi Fungsi Hidrologis DAS Cimanuk-Cisanggarung dan Beberapa DAS di P.Jawa Melalui Analisis Hidrograf dan Analisis Angkutan Sedimen*, www.google.com.
13. Sri Harto BR. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
14. Sri Harto BR. 1993. *Hidrologi Terapan*. KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

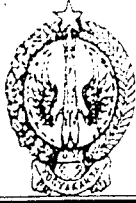
15. Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda. 1983. *Hidrologi untuk Pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
16. Soewarno. 1991. *Hidrologi*, Nova.
17. Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional*, Nova.
18. Yulius. 2005. *Kajian Jumlah Kasus Banjir Optimal Untuk Penetapan Banjir Rancangan Dengan Metode Hidrograf Satuan*, Tugas Akhir Tidak dipublikasikan secara umum.

Lampiran 2

Metode Poligon Thiessen Untuk DAS Code



Lampiran 3



**PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PSDA WILAYAH SUNGAI PROGO-OPAK -OYO**

Jalan Solo Km.6 Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 484496 Fax. (0274) 484496
Email : balai-poo @yogya.wasantara.net.id

TABEL DEBIT SUNGAI

NAMA SUNGAI : PROGO
DARA : DIANING KADOBAN

NUMER STASION : 2 01 01
NO. L. ALIRAN : 19 0 7

TANGGAL : 2002
MULAI : DARI 16- 1-96 SAMPAI 24- 2- 2002

WAKTU	M4/S	M4/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M4/S	M4/S	M4/S	M4/S
	60/1	60/1	60/1	60/1	60/1	60/1	60/1	60/1	60/1	60/1	60/1
11.00	11.0	11.4	11.8	12.2	12.6	13.0	13.4	13.8	14.2	14.6	15.0
11.10	11.10	11.50	11.90	12.30	12.70	13.10	13.50	13.90	14.30	14.70	15.10
11.20	11.20	11.60	12.00	12.40	12.80	13.20	13.60	14.00	14.40	14.80	15.20
11.30	11.30	11.70	12.10	12.50	12.90	13.30	13.70	14.10	14.50	14.90	15.30
11.40	11.40	11.80	12.20	12.60	13.00	13.40	13.80	14.20	14.60	15.00	15.40
11.50	11.50	11.90	12.30	12.70	13.10	13.50	13.90	14.30	14.70	15.10	15.50
12.00	12.00	12.40	12.80	13.20	13.60	14.00	14.40	14.80	15.20	15.60	16.00
12.10	12.10	12.50	12.90	13.30	13.70	14.10	14.50	14.90	15.30	15.70	16.10
12.20	12.20	12.60	13.00	13.40	13.80	14.20	14.60	15.00	15.40	15.80	16.20
12.30	12.30	12.70	13.10	13.50	13.90	14.30	14.70	15.10	15.50	15.90	16.30
12.40	12.40	12.80	13.20	13.60	14.00	14.40	14.80	15.20	15.60	16.00	16.40
12.50	12.50	12.90	13.30	13.70	14.10	14.50	14.90	15.30	15.70	16.10	16.50
13.00	13.00	13.40	13.80	14.20	14.60	15.00	15.40	15.80	16.20	16.60	17.00
13.10	13.10	13.50	13.90	14.30	14.70	15.10	15.50	15.90	16.30	16.70	17.10
13.20	13.20	13.60	14.00	14.40	14.80	15.20	15.60	16.00	16.40	16.80	17.20
13.30	13.30	13.70	14.10	14.50	14.90	15.30	15.70	16.10	16.50	16.90	17.30
13.40	13.40	13.80	14.20	14.60	15.00	15.40	15.80	16.20	16.60	17.00	17.40
13.50	13.50	13.90	14.30	14.70	15.10	15.50	15.90	16.30	16.70	17.10	17.50
14.00	14.00	14.40	14.80	15.20	15.60	16.00	16.40	16.80	17.20	17.60	18.00
14.10	14.10	14.50	14.90	15.30	15.70	16.10	16.50	16.90	17.30	17.70	18.10
14.20	14.20	14.60	15.00	15.40	15.80	16.20	16.60	17.00	17.40	17.80	18.20
14.30	14.30	14.70	15.10	15.50	15.90	16.30	16.70	17.10	17.50	17.90	18.30
14.40	14.40	14.80	15.20	15.60	16.00	16.40	16.80	17.20	17.60	18.00	18.40
14.50	14.50	14.90	15.30	15.70	16.10	16.50	16.90	17.30	17.70	18.10	18.50
15.00	15.00	15.40	15.80	16.20	16.60	17.00	17.40	17.80	18.20	18.60	19.00
15.10	15.10	15.50	15.90	16.30	16.70	17.10	17.50	17.90	18.30	18.70	19.10
15.20	15.20	15.60	16.00	16.40	16.80	17.20	17.60	18.00	18.40	18.80	19.20
15.30	15.30	15.70	16.10	16.50	16.90	17.30	17.70	18.10	18.50	18.90	19.30
15.40	15.40	15.80	16.20	16.60	17.00	17.40	17.80	18.20	18.60	19.00	19.40
15.50	15.50	15.90	16.30	16.70	17.10	17.50	17.90	18.30	18.70	19.10	19.50
16.00	16.00	16.40	16.80	17.20	17.60	18.00	18.40	18.80	19.20	19.60	20.00
16.10	16.10	16.50	16.90	17.30	17.70	18.10	18.50	18.90	19.30	19.70	20.10
16.20	16.20	16.60	17.00	17.40	17.80	18.20	18.60	19.00	19.40	19.80	20.20
16.30	16.30	16.70	17.10	17.50	17.90	18.30	18.70	19.10	19.50	19.90	20.30
16.40	16.40	16.80	17.20	17.60	18.00	18.40	18.80	19.20	19.60	20.00	20.40
16.50	16.50	16.90	17.30	17.70	18.10	18.50	18.90	19.30	19.70	20.10	20.50
17.00	17.00	17.40	17.80	18.20	18.60	19.00	19.40	19.80	20.20	20.60	21.00
17.10	17.10	17.50	17.90	18.30	18.70	19.10	19.50	19.90	20.30	20.70	21.10
17.20	17.20	17.60	18.00	18.40	18.80	19.20	19.60	20.00	20.40	20.80	21.20
17.30	17.30	17.70	18.10	18.50	18.90	19.30	19.70	20.10	20.50	20.90	21.30
17.40	17.40	17.80	18.20	18.60	19.00	19.40	19.80	20.20	20.60	21.00	21.40
17.50	17.50	17.90	18.30	18.70	19.10	19.50	19.90	20.30	20.70	21.10	21.50
18.00	18.00	18.40	18.80	19.20	19.60	20.00	20.40	20.80	21.20	21.60	22.00
18.10	18.10	18.50	18.90	19.30	19.70	20.10	20.50	20.90	21.30	21.70	22.10
18.20	18.20	18.60	19.00	19.40	19.80	20.20	20.60	21.00	21.40	21.80	22.20
18.30	18.30	18.70	19.10	19.50	19.90	20.30	20.70	21.10	21.50	21.90	22.30
18.40	18.40	18.80	19.20	19.60	20.00	20.40	20.80	21.20	21.60	22.00	22.40
18.50	18.50	18.90	19.30	19.70	20.10	20.50	20.90	21.30	21.70	22.10	22.50
19.00	19.00	19.40	19.80	20.20	20.60	21.00	21.40	21.80	22.20	22.60	23.00
19.10	19.10	19.50	19.90	20.30	20.70	21.10	21.50	21.90	22.30	22.70	23.10
19.20	19.20	19.60	20.00	20.40	20.80	21.20	21.60	22.00	22.40	22.80	23.20
19.30	19.30	19.70	20.10	20.50	20.90	21.30	21.70	22.10	22.50	22.90	23.30
19.40	19.40	19.80	20.20	20.60	21.00	21.40	21.80	22.20	22.60	23.00	23.40
19.50	19.50	19.90	20.30	20.70	21.10	21.50	21.90	22.30	22.70	23.10	23.50
20.00	20.00	20.40	20.80	21.20	21.60	22.00	22.40	22.80	23.20	23.60	24.00
20.10	20.10	20.50	20.90	21.30	21.70	22.10	22.50	22.90	23.30	23.70	24.10
20.20	20.20	20.60	21.00	21.40	21.80	22.20	22.60	23.00	23.40	23.80	24.20
20.30	20.30	20.70	21.10	21.50	21.90	22.30	22.70	23.10	23.50	23.90	24.30
20.40	20.40	20.80	21.20	21.60	22.00	22.40	22.80	23.20	23.60	24.00	24.40
20.50	20.50	20.90	21.30	21.70	22.10	22.50	22.90	23.30	23.70	24.10	24.50
21.00	21.00	21.40	21.80	22.20	22.60	23.00	23.40	23.80	24.20	24.60	25.00
21.10	21.10	21.50	21.90	22.30	22.70	23.10	23.50	23.90	24.30	24.70	25.10
21.20	21.20	21.60	22.00	22.40	22.80	23.20	23.60	24.00	24.40	24.80	25.20
21.30	21.30	21.70	22.10	22.50	22.90	23.30	23.70	24.10	24.50	24.90	25.30
21.40	21.40	21.80	22.20	22.60	23.00	23.40	23.80	24.20	24.60	25.00	25.40
21.50	21.50	21.90	22.30	22.70	23.10	23.50	23.90	24.30	24.70	25.10	25.50
22.00	22.00	22.40	22.80	23.20	23.60	24.00	24.40	24.80	25.20	25.60	26.00
22.10	22.10	22.50	22.90	23.30	23.70	24.10	24.50	24.90	25.30	25.70	26.10
22.20	22.20	22.60	23.00	23.40	23.80	24.20	24.60	25.00	25.40	25.80	26.20
22.30	22.30	22.70	23.10	23.50	23.90	24.30	24.70	25.10	25.50	25.90	26.30
22.40	22.40	22.80	23.20	23.60	24.00	24.40	24.80	25.20	25.60	26.00	26.40
22.50	22.50	22.90	23.30	23.70	24.10	24.50	24.90	25.30	25.70	26.10	26.50
23.00	23.00	23.40	23.80	24.20	24.60	25.00	25.40	25.80	26.20	26.60	27.00
23.10	23.10	23.50	23.90	24.30	24.70	25.10	25.50	25.90	26.30	26.70	27.10
23.20	23.20	23.60	24.00	24.40	24.80	25.20	25.60	26.00	26.40	26.80	27.20
23.30	23.30	23.70	24.10	24.50	24.90	25.30	25.70	26.10	26.50	26.90	27.30
23.40	23.40	23.80	24.20	24.60	25.00	25.40	25.80	26.20	26.60	27.00	27.40
23.50	23.50	23.90	24.30	24.70	25.10	25.50	25.90	26.30	26.70	27.10	27.50
24.00	24.00	24.40	24.80	25.20	25.60	26.00	26.40	26.80	27.20	27.60	28.00
24.10	24.10	24.50	24.90	25.30	25.70	26.10	26.50	26.90	27.30	27.70	28.10
24.20	24.20	24.60	25.00	25.40	25.80	26.20	26.60	27.00	27.40	27.80	28.20
24.30	24.30	24.70	25.10	25.50	25.90	26.30	26.70	27.10	27.50	27.90	28.30
24.40	24.40	24.80	25.20	25.60	26.00	26.40	26.80	27.20	27.60	28.00	28.40
24.50	24.50	24.90	25.30	25.70	26.10	26.50	26.90	27.30	27.70	28.10	28.50
25.00	25.00	25.40	25.80	26.20	26.60	27.00	27.40	27.80	28.20	28.60	29.00
25.10	25.10	25.50	25.90	26.30	26.70	27.10	27.50	27.90	28.30	28.70	29.10
25.20	25.20	25.60	26.00	26.40	26.80	27.20	27.60	28.00	28.40	28.80	29.20
25.30	25.30	25.70	26.10	26.50	26.90	27.30	27.70	28.10	28.50	28.90	29.30
25.40	25.40	25.80	26.20	26.60	27.00	27.40	27.80	28.20	28.60	29.00	29.40
25.50	25.50	25.90	26.30	26.70	27.10	27.50	27.90	28.30	28.70	29.10	29.50
26.00	26.00	26.40	26.80	27.20	27.60	28.00	28.40	28.80	29.20	29.60	30.00
26.10	26.10	26.50	26.90	27.30	27.70	28.10	28.50	28.90	29.30	29.70	30.10
26.20	26.20	26.60	27.00	27.40	27.80	28.20	28.60	29.			

Lampiran 4

**TABEL DEBIT TERUKUR DAN TINGGI HUJAN
SUNGAI KALI CODE
STASIUN KALORAN (2003 -2005)**

No	Tanggal	Hmax	Q pengamatan	Tinggi hujan
1	25/12/2003	1.44	26	8.50
2	19/12/2003	1.04	9.08	39.29
3	8/12/2003	1.30	19	18.74
4	1/12/2003	2.20	73	9.73
5	7/12/2003	1.96	56.9	11.81
6	27/11/2003	1.29	18.6	8.55
7	18/11/2003	1.59	33.9	19.43
8	20/11/2003	1.53	30.6	19.18
9	15/11/2003	0.81	3.2	17.99
10	7/11/2003	1.32	20	1.59
11	27/10/2003	1.11	11.4	6.54
12	26/10/2003	0.70	1.4	1.96
13	19/10/2003	0.83	3.6	0.00
14	6/10/2003	0.70	1.4	2.00
15	29/9/2003	0.70	1.4	0.00
16	22/9/2003	0.70	1.4	0.00
17	15/9/2003	0.70	1.4	0.00
18	8/9/2003	0.70	1.4	0.00
19	1/9/2003	0.66	0.92	0.00
20	18/8/2003	0.66	0.92	0.00
21	11/8/2003	0.66	0.92	0.00
22	25/8/2003	0.66	0.92	0.00
23	9/8/2003	0.68	1.16	0.00
24	28/7/2003	0.68	1.16	0.00
25	21/7/2003	0.68	1.16	0.00
26	14/7/2003	0.68	1.16	0.00
27	13/7/2003	0.87	4.4	0.00
28	3/7/2003	0.91	5.28	0.00
29	26/6/2003	0.88	4.6	0.00
30	20/6/2003	0.90	5	0.02
31	14/6/2003	0.80	3	0.00
32	5/6/2003	1.00	7.8	6.83
33	31/5/2003	0.90	5	0.17
34	22/5/2003	0.91	5.28	0.00
35	15/5/2003	0.90	5	0.00
36	8/5/2003	1.35	21.5	15.00
37	1/5/2003	1.31	19.5	29.25
38	27/4/2003	0.89	4.8	0.00
39	12/4/2003	0.89	4.8	6.18
40	1/4/2003	1.04	9.08	13.18

89	3/5/2004	0.97	6.96	0.00
90	26-4-2004	0.80	3.00	1.46
91	23-4-2004	0.92	5.56	0.72
92	12/4/2004	0.81	3.20	0.02
93	8/4/2004	1.65	37.50	1.54
94	31-3-2004	0.90	5.00	9.34
95	27-3-2004	1.09	10.70	5.03
96	20-3-2004	1.44	26.00	11.13
97	13-3-2004	1.09	10.70	6.04
98	7/3/2004	1.58	33.40	43.55
99	27-2-2004	0.91	5.28	33.83
100	20-2-2004	2.06	63.40	26.84
101	15-2-2004	0.99	7.52	23.28
102	29-1-2004	1.82	47.90	71.07
103	23-1-2004	1.39	23.50	3.74
104	15-1-2004	1.30	19.00	19.60
105	10/1/2004	1.01	8.12	0.02
106	4/1/2004	0.97	6.96	4.60
107	28-12-2005	1.19	14.60	14.48
108	19-12-2005	0.91	5.28	3.17
109	17-12-2005	1.74	42.90	88.37
110	10/12/2005	1.75	43.50	15.15
111	29-11-2005	0.95	6.40	27.48
112	26-11-2005	1.81	47.20	7.23
113	17-11-2005	0.84	3.80	2.58
114	13-11-2005	0.92	5.56	0.42
115	4/11/2005	1.23	16.20	2.62
116	30-10-2005	0.85	4.00	0.00
117	23-10-2005	1.41	24.50	36.24
118	12/10/2005	1.67	38.70	20.39
119	8/10/2005	0.74	2.04	0.00
120	30-9-2005	0.81	3.20	1.34
121	21-9-2005	0.92	5.56	0.18
122	19-9-2005	0.80	3.00	0.62
123	8/9/2005	0.80	3.00	0.00
124	3/9/2005	0.75	2.20	0.00
125	25-8-2005	0.80	3.00	0.00
126	15-8-2005	0.70	1.40	0.00
127	9/8/2005	0.76	2.36	0.00
128	4/8/2005	0.76	2.36	0.00
129	25-7-2005	0.90	5.00	0.00
130	20-7-2005	0.87	4.40	0.00
131	13-7-2005	0.80	3.00	0.00
132	5/7/2005	1.32	20.00	5.82
133	29-6-2005	0.94	6.12	0.00
134	21-6-2005	1.13	12.20	5.54
135	17-6-2005	1.16	13.40	0.63
136	8/6/2005	0.91	5.28	3.53

Lampiran 6

Rasional

$R_T = R_{25}$

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q_{LL}			$\sum Q_{II}$
					Q_{LL1}	Q_{LL2}	Q_{LL3}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	-	0
1	60.7240	10.475	50.2488	1.31908	66.281884	0	-	66.281884
2	15.7045	10.475	5.2292	2.63815	132.56377	6.8977405	0	139.46151
3	11.5166	10.475	1.0414	2.28279	114.70728	13.795481	1.373634112	129.8764
4	9.4227	10.475	0.0000	1.62695	81.752054	11.937214	2.747268224	96.436537
5	7.3288	10.475	0.0000	1.15953	58.264814	8.5076709	2.377208155	69.149693
6	0.0000	10.475	0.0000	0.82640	41.525422	6.06343	1.694239875	49.283092
7	0.0000	10.475	0.0000	0.58897	29.595231	4.3214158	1.207487342	35.124134
8	0.0000	10.475	0.0000	0.41976	21.092566	3.0798796	0.860578069	25.033024
9	0.0000	10.475	0.0000	0.29917	15.032704	2.1950349	0.613335302	17.841074
10	0.0000	10.475	0.0000	0.21322	10.713831	1.5644047	0.437125004	12.715361
11	0.0000	10.475	0.0000	0.15196	7.6357639	1.1149536	0.311539657	9.0622572
12	0.0000	10.475	0.0000	0.10830	5.4420205	0.7946292	0.222034788	6.4586845
13	0.0000	10.475	0.0000	0.07719	3.8785363	0.5663334	0.158244532	4.6031143
14	0.0000	10.475	0.0000	0.05501	2.7642388	0.4036267	0.112781119	3.2806466
15	0.0000	10.475	0.0000	0.03921	1.9700772	0.2876654	0.080379276	2.3381218
16	0.0000	10.475	0.0000	0.02794	1.404077	0.2050195	0.057286432	1.666383
17	0.0000	10.475	0.0000	0.01991	1.0006878	0.1461177	0.040828128	1.1876337
18	0.0000	10.475	0.0000	0.01419	0.7131917	0.1041383	0.029098269	0.8464283

19	0.0000	10.475	0.0000	0.01012	0.5082928	0.0742195	0.020738381	0.6032508
20	0.0000	10.475	0.0000	0.00721	0.3622611	0.0528964	0.014780275	0.4299377
21	0.0000	10.475	0.0000	0.00514	0.258184	0.0376993	0.010533925	0.3064173
22	0.0000	10.475	0.0000	0.00366	0.1840081	0.0268684	0.007507544	0.2183841
23	0.0000	10.475	0.0000	0.00261	0.1311429	0.0191491	0.005350638	0.1556427
24	0.0000	10.475	0.0000	0.00186	0.0934657	0.0136476	0.003813408	0.1109268

Max	139.46151
Q _{BF}	5.007
Q _{max} =Q ₂₅	144.468

Rasional

$R_T = R_{50}$

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q _{LL}			Σ Q _{ii}
					Q _{LL1}	Q _{LL2}	Q _{LL3}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	-	0
1	63.5285	10.475	53.0533	1.31908	69.981254	0	-	69.981254
2	16.4298	10.475	5.9545	2.63815	139.96251	7.8544741	0	147.81698
3	12.0485	10.475	1.5733	2.28279	121.1094	15.708948	2.075238784	138.89359
4	9.8579	10.475	0.0000	1.62695	86.314856	13.592936	4.150477567	104.05827
5	7.6672	10.475	0.0000	1.15953	61.51673	9.6877059	3.591403647	74.795839
6	0.0000	10.475	0.0000	0.82640	43.843067	6.9044427	2.559598854	53.307109
7	0.0000	10.475	0.0000	0.58897	31.247021	4.9208069	1.824230005	37.992058
8	0.0000	10.475	0.0000	0.41976	22.269799	3.5070666	1.300131505	27.076997
9	0.0000	10.475	0.0000	0.29917	15.87172	2.4994917	0.926605705	19.297817

10	0.0000	10.475	0.0000	0.21322	1.1311799	1.7813915	0.660393299	13.753584
11	0.0000	10.475	0.0000	0.15196	8.0619364	1.2696005	0.470663311	9.8022001
12	0.0000	10.475	0.0000	0.10830	5.7457543	0.9048462	0.335442459	6.986043
13	0.0000	10.475	0.0000	0.07719	4.0950079	0.6448853	0.239070352	4.9789635
14	0.0000	10.475	0.0000	0.05501	2.9185184	0.4596107	0.170385804	3.5485149
15	0.0000	10.475	0.0000	0.03921	2.0800325	0.3275652	0.121434222	2.5290319
16	0.0000	10.475	0.0000	0.02794	1.4824423	0.2334563	0.086546355	1.8024449
17	0.0000	10.475	0.0000	0.01991	1.0565389	0.1663846	0.061681719	1.2846052
18	0.0000	10.475	0.0000	0.01419	0.7529969	0.1185826	0.043960655	0.9155401
19	0.0000	10.475	0.0000	0.01012	0.536662	0.084514	0.031330826	0.6525068
20	0.0000	10.475	0.0000	0.00721	0.3824798	0.0602332	0.022329528	0.4650426
21	0.0000	10.475	0.0000	0.00514	0.272594	0.0429283	0.015914288	0.3314366
22	0.0000	10.475	0.0000	0.00366	0.1942781	0.0305951	0.011342138	0.2362154
23	0.0000	10.475	0.0000	0.00261	0.1384623	0.0218052	0.008083559	0.168351
24	0.0000	10.475	0.0000	0.00186	0.0986823	0.0155406	0.005761165	0.119984

Max	147.81698
Q_{BF}	5.007
$Q_{max}=Q_{50}$	152.824

Rasional

$R_T = R_{100}$

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q_{LL}			$\sum Q_{II}$
					Q_{LL1}	Q_{LL2}	Q_{LL3}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	-	0

1	66.1576	10.475	55.6823	1.31908	73.449191	0	-	73.449191
2	17.1097	10.475	6.6345	2.63815	146.89838	8.7513543	0	155.64974
3	12.5471	10.475	2.0719	2.28279	127.11101	17.502709	2.732950949	147.34667
4	10.2658	10.475	0.0000	1.62695	90.592209	15.145074	5.465901899	111.20318
5	7.9845	10.475	0.0000	1.15953	64.565205	10.793918	4.729638866	80.088762
6	0.0000	10.475	0.0000	0.82540	46.01572	7.6928416	3.370820829	57.079383
7	0.0000	10.475	0.0000	0.58897	32.795474	5.4826999	2.402389143	40.680563
8	0.0000	10.475	0.0000	0.41976	23.373384	3.9075286	1.712186404	28.993099
9	0.0000	10.475	0.0000	0.29917	16.658247	2.7849016	1.22027786	20.663426
10	0.0000	10.475	0.0000	0.21322	11.872358	1.9848036	0.869693891	14.726855
11	0.0000	10.475	0.0000	0.15196	8.4614474	1.4145726	0.619832162	10.495852
12	0.0000	10.475	0.0000	0.10830	6.0304865	1.008168	0.441755327	7.4804098
13	0.0000	10.475	0.0000	0.07719	4.2979369	0.7185229	0.314839695	5.3312995
14	0.0000	10.475	0.0000	0.05501	3.0631462	0.5120924	0.22438673	3.7996253
15	0.0000	10.475	0.0000	0.03921	2.183109	0.364969	0.159920765	2.7079987
16	0.0000	10.475	0.0000	0.02794	1.5559051	0.260114	0.113975773	1.9299948
17	0.0000	10.475	0.0000	0.01991	1.1088959	0.1853836	0.081230707	1.3755102
18	0.0000	10.475	0.0000	0.01419	0.7903118	0.1321232	0.057893249	0.9803283
19	0.0000	10.475	0.0000	0.01012	0.5632564	0.0941644	0.041260607	0.6986814
20	0.0000	10.475	0.0000	0.00721	0.4014337	0.0671111	0.029406497	0.4979513
21	0.0000	10.475	0.0000	0.00514	0.2861024	0.0478302	0.020958055	0.3548907
22	0.0000	10.475	0.0000	0.00366	0.2039056	0.0340886	0.014936838	0.2529311
23	0.0000	10.475	0.0000	0.00261	0.1453239	0.024295	0.010645507	0.1802644
24	0.0000	10.475	0.0000	0.00186	0.1035725	0.0173151	0.007587069	0.1284747

Max	155.64974
Q _{BF}	5.007
Q _{max} =Q ₁₀₀	
	160.657

Rasional

$R_T = R_{200}$

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q _{LL}				Σ Q _{II}
					Q _{LL1}	Q _{LL2}	Q _{LL3}	Q _{LL4}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	-	-	0
1	68.5144	10.475	58.0391	1.31908	76.557984	0	-	-	76.557984
2	17.7192	10.475	7.2440	2.63815	153.11597	9.5553525	0	-	162.67132
3	12.9941	10.475	2.5188	2.28279	132.49108	19.110705	3.322549561	0	154.92433
4	10.6315	10.475	0.1563	1.62695	94.426592	16.536472	6.645099121	0.2061481	117.81431
5	8.2690	10.475	0.0000	1.15953	67.297976	11.785569	5.749996918	0.4122962	85.245838
6	0.0000	10.475	0.0000	0.82640	47.96337	8.3995928	4.098031568	0.3567595	60.817754
7	0.0000	10.475	0.0000	0.58897	34.183567	5.9864026	2.920673345	0.254263	43.344906
8	0.0000	10.475	0.0000	0.41976	24.36268	4.2665182	2.081568345	0.1812136	30.891981
9	0.0000	10.475	0.0000	0.29917	17.363319	3.040754	1.483536933	0.1291512	22.016762
10	0.0000	10.475	0.0000	0.21322	12.374864	2.16715	1.057319033	0.0920463	15.69138
11	0.0000	10.475	0.0000	0.15196	8.8195846	1.5445311	0.755552887	0.0656015	11.18327
12	0.0000	10.475	0.0000	0.10830	6.2857314	1.1007897	0.537058291	0.0467543	7.9703337
13	0.0000	10.475	0.0000	0.07719	4.4798504	0.7845345	0.382762263	0.0333219	5.680469
14	0.0000	10.475	0.0000	0.05501	3.1927962	0.5591389	0.272795248	0.0237485	4.0484789
15	0.0000	10.475	0.0000	0.03921	2.2755107	0.3984992	0.194421589	0.0169256	2.8853571

16	0.0000	10.475	0.0000	0.02794	1.6217599	0.284011	0.138564563	0.0120629	2.0563984
17	0.0000	10.475	0.0000	0.01991	1.1558308	0.202415	0.098755175	0.0085973	1.4655983
18	0.0000	10.475	0.0000	0.01419	0.8237624	0.1442615	0.070382964	0.0061273	1.0445341
19	0.0000	10.475	0.0000	0.01012	0.5870967	0.1028154	0.050162046	0.0043669	0.7444411
20	0.0000	10.475	0.0000	0.00721	0.4184247	0.0732767	0.035750566	0.0031123	0.5305643
21	0.0000	10.475	0.0000	0.00514	0.2982119	0.0522244	0.025479483	0.0022181	0.378134
22	0.0000	10.475	0.0000	0.00366	0.2125361	0.0372204	0.018159266	0.0015809	0.2694967
23	0.0000	10.475	0.0000	0.00261	0.1514748	0.026527	0.012942137	0.0011267	0.1920707
24	0.0000	10.475	0.0000	0.00186	0.1079563	0.0189059	0.009223881	0.000803	0.1368891

Max	162.6713196
Q_{BF}	5.007
$Q_{max}=Q_{200}$	167.678

Der Weduwen

$R_T = R_{25}$

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q_{LL}		$\sum Q_{II}$
					Q_{LL1}	Q_{LL2}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	0
1	54.4422	10.475	43.9670	1.31908	57.995724	0	57.995724
2	14.6575	10.475	4.1823	2.63815	115.99145	5.5167139	121.50816
3	6.2818	10.475	0.0000	2.28279	100.36727	11.033428	111.4007
4	4.1879	10.475	0.0000	1.62695	71.531908	9.5472128	81.079121
5	3.1409	10.475	0.0000	1.15953	50.9809	6.8043131	57.785213
6	3.1409	10.475	0.0000	0.82640	36.334165	4.8494444	41.183609

Der Weduwen

$R_T = R_{50}$

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q _{LL}		$\sum Q_{II}$
					Q _{LL1}	Q _{LL2}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	0
1	56.9566	10.475	46.4814	1.31908	61.312401	0	61.312401
2	15.3345	10.475	4.8592	2.63815	122.6248	6.4096653	129.03447
3	6.5719	10.475	0.0000	2.28279	106.10711	12.819331	118.92644
4	4.3813	10.475	0.0000	1.62695	75.622696	11.092553	86.715248
5	3.2860	10.475	0.0000	1.15953	53.896411	7.9056791	61.80209
6	3.2860	10.475	0.0000	0.82640	38.412054	5.6343896	44.046444
7	2.1906	10.475	0.0000	0.58897	27.376329	4.015638	31.391967
8	1.0953	10.475	0.0000	0.41976	19.511152	2.8619513	22.373103
9	1.0953	10.475	0.0000	0.29917	13.905628	2.0397171	15.945345
10	1.0953	10.475	0.0000	0.21322	9.910562	1.4537095	11.364271
11	1.0953	10.475	0.0000	0.15196	7.0632726	1.036061	8.0993336
12	1.0953	10.475	0.0000	0.10830	5.0340052	0.7384022	5.7724074
13	1.0953	10.475	0.0000	0.07719	3.5877432	0.5262604	4.1140035
14	1.0953	10.475	0.0000	0.05501	2.55699	0.3750666	2.9320566
15	1.0953	10.475	0.0000	0.03921	1.8223707	0.2673105	2.0896812
16	1.0953	10.475	0.0000	0.02794	1.2988064	0.1905126	1.489319
17	0.5477	10.475	0.0000	0.01991	0.9256613	0.1357786	1.0614399
18	0.5477	10.475	0.0000	0.01419	0.6597202	0.0967696	0.7564898
19	1.0953	10.475	0.0000	0.01012	0.4701836	0.0689679	0.5391515

20	1.0953	10.475	0.0000	0.00721	0.3351006	0.0491535	0.3842541
21	1.0953	10.475	0.0000	0.00514	0.2388267	0.0350318	0.2738585
22	1.0953	10.475	0.0000	0.00366	0.1702121	0.0249672	0.1951793
23	1.0953	10.475	0.0000	0.00261	0.1213105	0.0177942	0.1391046
24	1.0953	10.475	0.0000	0.00186	0.0864581	0.0126819	0.0991401

Max 129.03447

Q_{BF} 5.007 $Q_{max}=Q_{50}$ 134.041

Der Weduwen

$R_T = R_{100}$

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q_{LL}		$\sum Q_{II}$
					Q_{LL1}	Q_{LL2}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	0
1	59.3137	10.475	48.8385	1.31908	64.421586	0	64.421586
2	15.9691	10.475	5.4938	2.63815	128.84317	7.2467535	136.08993
3	6.8439	10.475	0.0000	2.28279	111.48785	14.493507	125.98136
4	4.5626	10.475	0.0000	1.62695	79.457563	12.541216	91.998779
5	3.4219	10.475	0.0000	1.15953	56.629527	8.9381435	65.56767
6	3.4219	10.475	0.0000	0.82640	40.35995	6.3702285	46.730178
7	2.2813	10.475	0.0000	0.58897	28.764598	4.5400715	33.304669
8	1.1406	10.475	0.0000	0.41976	20.500573	3.2357159	23.736289
9	1.1406	10.475	0.0000	0.29917	14.610789	2.3060997	16.916889
10	1.1406	10.475	0.0000	0.21322	10.413132	1.6435607	12.056693

2	16.5380	10.475	6.0627	2.63815	134.41756	7.9971517	142.41471
3	7.0877	10.475	0.0000	2.28279	116.31136	15.994303	132.30567
4	4.7251	10.475	0.0000	1.62695	82.895287	13.839853	96.73514
5	3.5438	10.475	0.0000	1.15953	59.079597	9.8636844	68.943282
6	3.5438	10.475	0.0000	0.82640	42.106119	7.0298629	49.135982
7	2.3626	10.475	0.0000	0.58897	30.009095	5.010194	35.019289
8	1.1813	10.475	0.0000	0.41976	21.387528	3.5707729	24.958301
9	1.1813	10.475	0.0000	0.29917	15.242924	2.5448953	17.787819
10	1.1813	10.475	0.0000	0.21322	10.863655	1.8137508	12.677406
11	1.1813	10.475	0.0000	0.15196	7.7425435	1.2926629	9.0352064
12	1.1813	10.475	0.0000	0.10830	5.5181225	0.9212828	6.4394054
13	1.1813	10.475	0.0000	0.07719	3.9327743	0.6565997	4.589374
14	1.1813	10.475	0.0000	0.05501	2.8028943	0.4679596	3.2708539
15	1.1813	10.475	0.0000	0.03921	1.997627	0.3335155	2.3311425
16	1.1813	10.475	0.0000	0.02794	1.4237118	0.237697	1.6614088
17	0.5906	10.475	0.0000	0.01991	1.0146816	0.169407	1.1840886
18	0.5906	10.475	0.0000	0.01419	0.7231651	0.1207366	0.8439018
19	1.1813	10.475	0.0000	0.01012	0.5154009	0.0860492	0.6014501
20	1.1813	10.475	0.0000	0.00721	0.367327	0.0613274	0.4286544
21	1.1813	10.475	0.0000	0.00514	0.2617945	0.0437081	0.3055026
22	1.1813	10.475	0.0000	0.00366	0.1865813	0.0311508	0.2177322
23	1.1813	10.475	0.0000	0.00261	0.1329768	0.0222013	0.1551781
24	1.1813	10.475	0.0000	0.00186	0.0947728	0.0158229	0.1105956

17	0.0000	10.475	0.0000	0.01991	0.8547379	0.1753726	0.0408281	0.0572864	1.1282251
18	0.0000	10.475	0.0000	0.01419	0.609173	0.1249883	0.0290983	0.0408281	0.8040877
19	0.0000	10.475	0.0000	0.01012	0.4341585	0.0890794	0.0207384	0.0290983	0.5730745
20	0.0000	10.475	0.0000	0.00721	0.3094254	0.063487	0.0147803	0.0207384	0.4084311
21	0.0000	10.475	0.0000	0.00514	0.220528	0.0452473	0.0105339	0.0147803	0.2910895
22	0.0000	10.475	0.0000	0.00366	0.1571706	0.0322478	0.0075075	0.0105339	0.2074599
23	0.0000	10.475	0.0000	0.00261	0.1120157	0.0229831	0.0053506	0.0075075	0.147857
24	0.0000	10.475	0.0000	0.00186	0.0798338	0.0163801	0.0038134	0.0053506	0.1053779

Max	121.50816
Q _{BF}	5.007
Q _{max} =Q ₂₅	
	126.515

Boerama

R_T = R₅₀

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat	Q _{LL}				Σ Q _{ll}
					Q _{LL1}	Q _{LL2}	Q _{LL3}	Q _{LL4}	
0	0	10.475	0.0000	HSS	0	-	-	-	0
1	55.8613	10.475	45.3860	1.31908	59.867592	0	-	-	59.867592
2	17.5251	10.475	7.0499	2.63815	119.73518	9.299283	0	-	129.03447
3	12.0485	10.475	1.5733	2.28279	103.60672	18.598566	2.0752388	0	124.28053
4	12.0485	10.475	1.5733	1.62695	73.840669	16.093319	4.1504776	2.0752388	96.159704
5	4.3813	10.475	0.0000	1.15953	52.626357	11.469733	3.5914036	4.1504776	71.837971
6	3.2860	10.475	0.0000	0.82640	37.506885	8.1744959	2.5595989	3.5914036	51.832384
7	2.1906	10.475	0.0000	0.58897	26.731214	5.8259757	1.82423	2.5595989	36.941019

10	0.0000	10.475	0.0000	0.21322	10.169928	2.3260465	0.8696939	1.2202779	14.585946
11	0.0000	10.475	0.0000	0.15196	7.2481229	1.6577769	0.6198322	0.8696939	10.395426

8	1.0953	10.475	0.0000	0.41976	19.051377	4.1521818	1.3001315	1.82423	26.32792
9	0.0000	10.475	0.0000	0.29917	13.577946	2.9592663	0.9266057	1.3001315	18.763949
10	0.0000	10.475	0.0000	0.21322	9.6770225	2.1090736	0.6603933	0.9266057	13.373095
11	0.0000	10.475	0.0000	0.15196	6.8968287	1.50314	0.4706633	0.6603933	9.5310252
12	0.0000	10.475	0.0000	0.10830	4.9153803	1.0712901	0.3354425	0.4706633	6.7927762
13	0.0000	10.475	0.0000	0.07719	3.503199	0.7635101	0.2390704	0.3354425	4.841222
14	0.0000	10.475	0.0000	0.05501	2.4967353	0.5441548	0.1703858	0.2390704	3.4503463
15	1.0953	10.475	0.0000	0.03921	1.779427	0.38782	0.1214342	0.1703858	2.459067
16	0.0000	10.475	0.0000	0.02794	1.2682004	0.2763999	0.0865464	0.1214342	1.7525808
17	0.0000	10.475	0.0000	0.01991	0.9038483	0.1969906	0.0616817	0.0865464	1.249067
18	0.0000	10.475	0.0000	0.01419	0.6441741	0.1403955	0.0439607	0.0616817	0.890212
19	0.0000	10.475	0.0000	0.01012	0.4591039	0.1000601	0.0313308	0.0439607	0.6344554
20	0.0000	10.475	0.0000	0.00721	0.327204	0.071313	0.0223295	0.0313308	0.4521774
21	0.0000	10.475	0.0000	0.00514	0.2331988	0.0508249	0.0159143	0.0223295	0.3222675
22	0.0000	10.475	0.0000	0.00366	0.1662011	0.036223	0.0113421	0.0159143	0.2296805
23	0.0000	10.475	0.0000	0.00261	0.1184518	0.0258162	0.0080836	0.0113421	0.1636937
24	0.0000	10.475	0.0000	0.00186	0.0844208	0.0183992	0.0057612	0.0080836	0.1166647

Max	129.03447
Q _{BF}	5.007
Q _{max} =Q ₅₀	134.041

20	0.0000	10.475	0.0000	0.00721	0.3438704	0.0786494	0.0294065	0.0412606	0.4931868
21	0.0000	10.475	0.0000	0.00514	0.2450769	0.0560555	0.0209581	0.0294065	0.351495
22	0.0000	10.475	0.0000	0.00366	0.1746667	0.0399494	0.0149368	0.0209581	0.250511
23	0.0000	10.475	0.0000	0.00261	0.1244852	0.028472	0.0106455	0.0149368	0.1785396
24	0.0000	10.475	0.0000	0.00186	0.0887208	0.0202921	0.0075871	0.0106455	0.1272454

Max	136.08993
Q _{BF}	5.007
Q _{max} =Q ₁₀₀	
	141.097

Boerama

R_T = R₂₀₀

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q _{LL}				Σ Q _{II}
					Q _{LL1}	Q _{LL2}	Q _{LL3}	Q _{LL4}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	-	-	0
1	60.2454	10.475	49.7702	1.31908	65.650578	0	-	-	65.650578
2	18.9005	10.475	8.4253	2.63815	131.30116	11.113553	0	-	142.41471
3	12.9941	10.475	2.5188	2.28279	113.61475	22.227106	3.3225496	0	139.1644
4	12.9941	10.475	2.5188	1.62695	80.973403	19.233091	6.6450991	3.3225496	110.17414
5	4.7251	10.475	0.0000	1.15953	57.709867	13.707453	5.7499969	6.6450991	83.812416
6	3.5438	10.475	0.0000	0.82640	41.12991	9.7693226	4.0980316	5.7499969	60.747262
7	2.3626	10.475	0.0000	0.58897	29.31335	6.9626111	2.9206733	4.0980316	43.294666
8	1.1813	10.475	0.0000	0.41976	20.891669	4.9622636	2.0815683	2.9206733	30.856174
9	0.0000	10.475	0.0000	0.29917	14.889524	3.5366128	1.4835369	2.0815683	21.991243
10	0.0000	10.475	0.0000	0.21322	10.611787	2.5205493	1.057319	1.4835369	15.673192

11	0.0000	10.475	0.0000	0.15196	7.5630366	1.7963994	0.7535529	1.057319	11.170308
12	0.0000	10.475	0.0000	0.10830	5.3901877	1.2802966	0.5370583	0.7535529	7.9610955
13	0.0000	10.475	0.0000	0.07719	3.841595	0.9124693	0.3827623	0.5370583	5.6738849
14	0.0000	10.475	0.0000	0.05501	2.7379106	0.6503183	0.2727952	0.3827623	4.0437864
15	1.1813	10.475	0.0000	0.03921	1.9513131	0.4634828	0.1944216	0.2727952	2.8820127
16	0.0000	10.475	0.0000	0.02794	1.3907038	0.3303249	0.1385646	0.1944216	2.0540149
17	0.0000	10.475	0.0000	0.01991	0.9911567	0.2354231	0.0987552	0.1385646	1.4638995
18	0.0000	10.475	0.0000	0.01419	0.7063989	0.1677864	0.070383	0.0987552	1.0433234
19	0.0000	10.475	0.0000	0.01012	0.5034516	0.1195816	0.050162	0.070383	0.7435782
20	0.0000	10.475	0.0000	0.00721	0.3588107	0.085226	0.0357506	0.050162	0.5299493
21	0.0000	10.475	0.0000	0.00514	0.2557249	0.0607407	0.0254795	0.0357506	0.3776957
22	0.0000	10.475	0.0000	0.00366	0.1822556	0.04329	0.0181593	0.0254795	0.2691843
23	0.0000	10.475	0.0000	0.00261	0.1298938	0.0308528	0.0129421	0.0181593	0.1918481
24	0.0000	10.475	0.0000	0.00186	0.0925755	0.0219889	0.0092239	0.0129421	0.1367304

Max	142.41471
Q _{BF}	5.007
Q _{max} =Q ₂₀₀	147.422

Nedeco

$R_T = R_{25}$

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q _{LL}		Σ Q _{ll}
					Q _{LL1}	Q _{LL2}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	0
1	45.0195	10.475	34.5443	1.31908	45.566485	0	45.566485

17	1.3144	10.475	0.0000	0.01991	0.7293448	0.0745666	0.8039115
18	1.3144	10.475	0.0000	0.01419	0.5198052	0.0531438	0.5729489
19	1.3144	10.475	0.0000	0.01012	0.3704659	0.0378756	0.4083416
20	1.3144	10.475	0.0000	0.00721	0.2640316	0.026994	0.2910257
21	1.3144	10.475	0.0000	0.00514	0.1881758	0.0192387	0.2074144
22	1.3144	10.475	0.0000	0.00366	0.1341131	0.0137114	0.1478246
23	1.3144	10.475	0.0000	0.00261	0.0955826	0.0097722	0.1053548
24	0.0821	10.475	0.0000	0.00186	0.0681219	0.0069646	0.0750865

Max	100.13829
Q _{BF}	5.007
Q _{max} =Q ₅₀	105.145

Nedeco

$R_T = R_{100}$

Waktu (Jam)	Tinggi Hujan (mm)	Φ (mm)	H efektif (mm)	Ordinat HSS	Q _{LL}		Σ Q _{II}
					Q _{LL1}	Q _{LL2}	
0	0	10.475	0.0000	0.00000	0	-	0
1	49.0479	10.475	38.5726	1.31908	50.880178	0	50.880178
2	13.6878	10.475	3.2125	2.63815	101.76036	4.2375518	105.99791
3	9.1252	10.475	0.0000	2.28279	88.053124	8.4751036	96.528227
4	6.8439	10.475	0.0000	1.62695	62.755595	7.3334978	70.089093
5	5.7032	10.475	0.0000	1.15953	44.726009	5.226595	49.952604
6	3.4219	10.475	0.0000	0.82640	31.876294	3.7250023	35.601297
7	3.4219	10.475	0.0000	0.58897	22.718284	2.6548148	25.373098

c. Untuk Metode Boerama dengan $R_T = R_{25}$

Misal :

1) Jam ke 1

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 53,3953 - 10,475 = 42,9200$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 42,9200 \times 1,31908 = 56,6157 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} = 56,6157 \text{ m}^3/\text{dt}$$

2) Jam ke 2

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 16,7515 - 10,475 = 6,2762$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 42,9200 \times 2,6381 = 113,2294 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 6,2762 \times 1,31908 = 8,2787 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} = 121,5082 \text{ m}^3/\text{dt}$$

3) Jam ke 3

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 11,5166 - 10,475 = 1,0414$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 42,9200 \times 2,2828 = 97,9773 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 6,2762 \times 2,6381 = 16,5575 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL3} = 1,0414 \times 1,31908 = 1,3736 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} + Q_{LL3} = 115,9084$$

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Tugas akhir yang disusun adalah mengkomparasikan beberapa jenis sebaran hujan sebagai input dalam analisis banjir rancangan. Penelitian dilakukan untuk membahas mengenai jenis sebaran hujan jam-jaman (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco) berdasarkan data hujan harian (dari tahun 1991-2005) yang paling sesuai dengan data banjir yang terjadi di tempat pengukuran sebagai masukan pemilihan metode bagi perancang dalam analisis banjir rancangan yang paling cocok/mendekati dengan data debit terukur dilapangan. Lokasi penelitian terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan lebih spesifik pada DAS Sungai Code terukur di stasiun hidrometri Kaloran, yang aliran sungainya berawal dari lereng gunung merapi dan bermuara di sungai Opak.

Hasil penelitian yang dilakukan mendapatkan :

1. Hujan harian maksimum atas dasar data dari tahun 1991 sampai dengan 2005 berturut adalah : 88,59; 89,85; 60,24; 78,74; 88,57; 65,72; 99,07; 70,10; 57,06; 103,65; 76,27; 67,78; 50,62; 71,07 dan 88,37 mm.
2. Hujan rancangan harian dengan kala ulang 25, 50, 100, dan 200 tahun adalah berturut sebagai berikut : 104,6966; 109,5320; 114,0648 dan 118,1283 mm.
3. Sebaran hujan dengan menggunakan cara Rasional, Der Weduwen, Boerama dan Nedeco hasilnya dapat dilihat di Lampiran 5.

4. Banjir rancangan dengan hidrograf satuan sintetik Gama I dengan dasar bahwa komponen aliran (debit) pada sungai didapatkan nilai debit max (Q_T) dengan Q_{BF} adalah 5,007 dan kala ulang setiap 25, 50, 100, dan 200 tahun, dimulai dari Rasional, Der weduwen, Boerama, dan Nedeco secara berturutan yaitu : 144,468; 152,824; 160,657; 167,678 m^3/dt untuk Rasional, 126,515; 134,041; 141,097; dan 147,422 m^3/dt untuk Der Weduwen, 126,515; 134,041; 141,097; dan 147,422 m^3/dt untuk Boerama, sedangkan 98,895; 105,145; 111,005; dan 116,258 m^3/dt untuk Nedeco.
5. Regresi untuk hubungan $Q_{\text{pengamatan}}$ dengan Tinggi hujan (R) dengan data debit terukur 3 tahun terakhir (2003-2005) didapatkan persamaan regresi yang digunakan untuk analisis validasi beberapa metode sebaran hujan . Persamaan regresi hubungan Q_p vs R adalah $Q = 0,7215 R - 1,2819$.
6. Validasi antara Q_T sintetik dengan $Q_{\text{pengamatan}}$ dengan metode sebaran hujan (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco) dengan kala ulang mulai dari 25, 50, 100, dan 200 tahun didapatkan nilainya sebagai berikut :
 - a. Metode Rasional hasil deviasinya adalah 0,95; 0,97; 0,98; dan 1,00 dan reratanya 0,97
 - b. Metode Der Weduwen hasil deviasinya adalah 0,70; 0,72; 0,74; dan 0,76 dan reratanya 0,73

- c. Metode Boerama hasil deviasinya adalah 0,70; 0,72; 0,74; dan 0,76 dan reratanya 0,73
- d. Metode Nedeco hasil deviasinya adalah 0,33; 0,35; 0,37; dan 0,38 dan reratanya 0,36

4.2 Pembahasan

Penerapan metode polygon thiessen untuk penelitian yang dilakukan dengan pengambilan pos stasiun hujan yang bermacam-macam (tahun 1991-2000 yaitu, Kempot, Angin - angin, Prumpung, Beran, Santan, dan Karang Ploso, sedangkan tahun 2001-2005 adalah Kempot, Angin - angin, Prumpung, Beran, Gemawang dan Bedugan) dikarenakan stasiun Gemawang dan Bedugan baru berdiri atau aktif mulai tahun 2001-2005 dan Untuk Santan dan karang Ploso digantikan atas dasar stasiun hujannya lebih jauh dari DAS Code (lebih dekat stasiun Gemawang dan Bedugan). Dipakainya metode Poligon Thiessen atas dasar dalam pencatatan data hujan bahwa setiap pos hujan dapat mewakili tebal hujan dari suatu daerah dengan luas tertentu. Luas tertentu itu adalah luas daerah yang dibatasi garis tegak lurus yang melalui dan membagi menjadi dua bagian yang sama dari setiap garis lurus yang menghubungkan setiap dua pos hujan yang berdekatan, sehingga jika salah satu pos hujan tidak terukur datanya karena misalnya alatnya rusak, alat belum terpasang (diaktifkan) atau datanya meragukan maka jaringan polygon juga akan ikut berubah dan hasil luas daerahnya pun berubah pula.

Debit maksimum terukur didapatkan dari pembacaan grafik AWLR yang dicari maksimumnya yang berlokasi di stasiun Kaloran yang kemudian dengan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari uraian analisis perhitungan di muka dapat dibuat kesimpulan, yaitu untuk jenis sebaran yang telah dikomparasikan dan divalidasi sebagai masukan pemilihan metode bagi perancang dalam analisis banjir rancangan yang paling cocok/mendekati dengan data debit terukur dilapangan adalah Nedeco. Dengan bukti hasil reratanya paling kecil yaitu 0,36 daripada hasil rerata metode yang lain (Rasional = 0,97, Der Weduwen = 0,73, dan Boerama = 0,73).

5.2 Saran

Dari beberapa kesimpulan diatas maka saran yang dapat diberikan adalah :

1. Bagi perancang yang selama ini menggunakan jenis sebaran hujan dalam perhitungan banjir rancangan menurut yang disukainya, maka dengan penelitian yang telah dilakukan pilihlah atau gunakanlah metode/cara sebaran hujan Nedeco, dikarenakan hasilnya paling mendekati dengan data debit terukur dilapangan.
2. Perlunya data-data yang lebih lengkap dan lebih memadai sehingga dapat diketahui metode sebaran hujan yang lebih teliti dan akurat dengan membandingkan dengan metode-metode sebaran hujan yang lainnya.

c. Untuk Metode Boerama dengan $R_T = R_{25}$

Misal :

1) Jam ke 1

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 53,3953 - 10,475 = 42,9200$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 42,9200 \times 1,31908 = 56,6157 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} = 56,6157 \text{ m}^3/\text{dt}$$

2) Jam ke 2

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 16,7515 - 10,475 = 6,2762$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 42,9200 \times 2,6381 = 113,2294 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 6,2762 \times 1,31908 = 8,2787 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} = 121,5082 \text{ m}^3/\text{dt}$$

3) Jam ke 3

$$He = H_{tot} - \Phi$$

$$He = 11,5166 - 10,475 = 1,0414$$

$$Q_{LL} = He \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 42,9200 \times 2,2828 = 97,9773 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 6,2762 \times 2,6381 = 16,5575 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL3} = 1,0414 \times 1,31908 = 1,3736 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} + Q_{LL3} = 115,9084$$

Untuk jam ke-4 sampai dengan jam ke-24 hampir sama cara perhitungannya. Setelah diperoleh hasil $\sum Q_{LL}$ sampai jam ke-24 dicari yang maksimumnya yang hasilnya dinamakan $Q_{LL \text{ tot}}$. Selanjutnya untuk perhitungan $Q_s \text{ tot} = Q_{LL \text{ tot}} + Q_{BF}$.

$$\text{Untuk } R_T = R_{25}$$

$$Q_s \text{ tot}/Q_T = 121,5082 + 5,007 = 126,515 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Hasil perhitungan selengkapnya ini dapat dilihat di Lampiran 6

a. Untuk Metode Nedeco dengan $R_T = R_{25}$

Misal :

1) Jam ke 1

$$H_e = H_{\text{tot}} - \Phi$$

$$H_e = 45,0195 - 10,475 = 34,5443$$

$$Q_{LL} = H_e \times U_{HSS}$$

$$Q_{LL1} = 34,5443 \times 1,31908 = 45,5665 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} = 45,5665 \text{ m}^3/\text{dt}$$

2) Jam ke 2

$$H_e = H_{\text{tot}} - \Phi$$

$$H_e = 12,5636 - 10,475 = 2,0883$$

$$Q_{LL1} = 34,5443 \times 2,6381 = 91,1329 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 2,0883 \times 1,31908 = 2,7547 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} = 93,8876 \text{ m}^3/\text{dt}$$

3) Jam ke 3

$$H_e = H_{tot} - \Phi$$

$$H_e = 8,3757 - 10,475 = 0,000 \text{ (ditulis nol karena minus)}$$

$$Q_{LL1} = 34,5443 \times 2,2828 = 78,8572 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{LL2} = 2,0883 \times 2,6381 = 5,5093 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\sum Q_{LL} = Q_{LL1} + Q_{LL2} = 84,3665 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Untuk jam ke-4 sampai dengan jam ke-24 hampir sama cara perhitungannya.

Setelah diperoleh hasil $\sum Q_{LL}$ sampai jam ke-24 dicari yang maksimumnya yang

hasilnya dinamakan $Q_{LL \text{ tot}}$. Selanjutnya untuk perhitungan $Q_s \text{ tot} = Q_{LL \text{ tot}} + Q_{BF}$.

Untuk $R_T = R_{25}$

$$Q_s \text{ tot}/Q_T = 93,8876 + 5,007 = 98,8950 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Hasil perhitungan selengkapnya ini dapat dilihat di Lampiran 9

Tabel 3.9 Hasil perhitungan analisisnya (Q_T) untuk kala ulang 25,50,100, dan 200 tahun sebagai berikut :

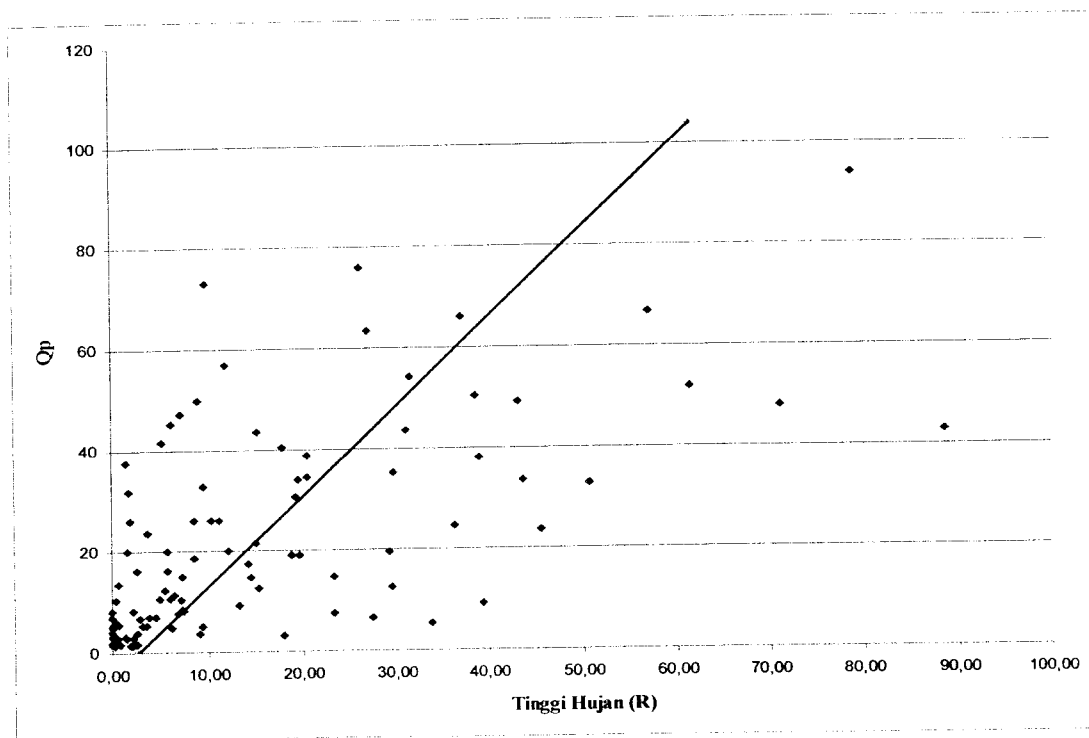
No	Kala Ulang	Q_{BF} (m^3/dt)	$Q_s \text{ tot}/Q_T$ (m^3/dt)			
			Rasional	Der Weduwen	Boerama	Nedeco
1	25	5.007	144.468	126.515	126.515	98.895
2	50	5.007	152.824	134.041	134.041	105.145
3	100	5.007	160.657	141.097	141.097	111.005
4	200	5.007	167.678	147.422	147.422	116.258

Setelah didapatkan nilai Q_T , maka perhitungan selanjutnya yaitu membuat grafik Q_P vs Tinggi hujan (R) yang didapat dari data debit terukur. Data debit terukur dipergunakan untuk validasi, yaitu catatan tinggi banjir dan besarnya debit yang pernah terjadi. Panjang data debit terukur 3 tahun terakhir yaitu tahun 2003-

2005.

Dari data Q_p versus Tinggi Hujan dibuat analisis statistik untuk digunakan sebagai persamaan regresi. Regresi yang digunakan yaitu regresi linier. Dari analisis regresi yang dilakukan menggunakan cara ANOVA dalam Microsoft Excell didapatkan persamaan regresinya, yaitu : $0,4734 + 0,61103 x$. Gambar 3.4 Grafik regresi antara Q_p vs R sebagai berikut :

Gambar 3.3 Grafik regresi antara Q_p vs R

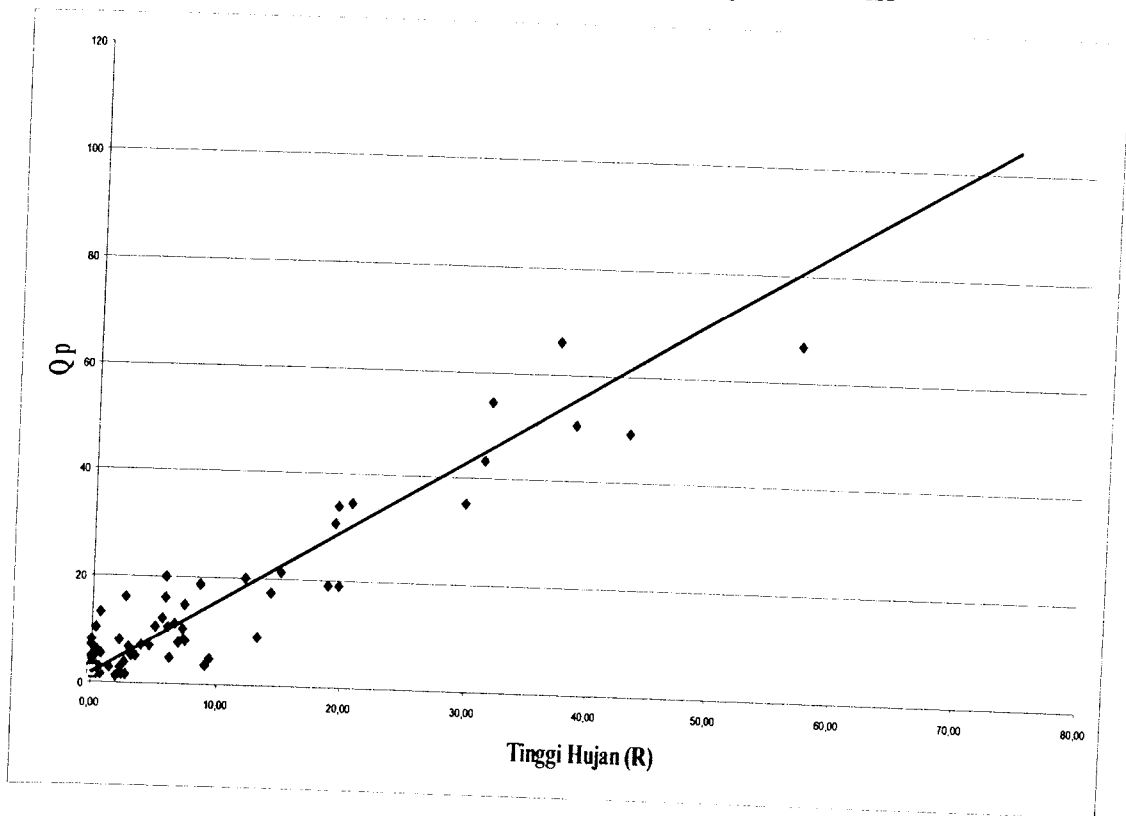


Dari hasil regresi antara Q_p vs R menunjukkan bahwa hubungan antara Qpengamatan dengan tinggi hujan ada hubungan korelasi tetapi hubungannya kurang erat, maka dilakukan koreksi-koreksi. Dengan koreksi yang dilakukan menggunakan analisis statistik cara ANOVA dalam Microsoft Excell didapatkan hasilnya sebagai

berikut : persamaan regresinya, yaitu : $0,7215 x - 1.281946693$ atau $0,7215 R - 1,2819$ yang mana persamaan regresinya menunjukkan antara keduanya (Q_p vs R) cukup erat hubungan korelasinya, sehingga persamaan tersebut dapat dipakai.

Gambar 3.5 Grafik regresi antara Q_p vs R revisi sebagai berikut :

Gambar 3.4 Grafik regresi antara Q_p vs R revisi



Setelah didapatkan persamaan regresi maka langkah selanjutnya yaitu dengan nilai banjir rancangan yang telah dihitung atau dicari digunakan sebagai validasi. Berikut Tabel 3.10 Deviasi Nilai Q_T sintetik dengan Q_p (dalam $m^3/detik$).

Tabel 3.10 Deviasi Nilai $Q_{T \text{ sintetik}}$ dengan Q_p (dalam $m^3/detik$)

No	Metode	Kala Ulang	$H_{\text{rancangan}}$ (mm)	Q_p (m^3/dt)	$Q_{T \text{ sintetik}}$ (m^3/dt)	Deviasi	Rerata
1	Rasional	25	104.6966	74.2577	144.468	0.95	0.97
		50	109.5320	77.7465	152.824	0.97	
		100	114.0648	81.0170	160.657	0.98	
		200	118.1283	83.9488	167.678	1.00	
2	Der Weduwen	25	104.6966	74.2577	126.515	0.70	0.73
		50	109.5320	77.7465	134.041	0.72	
		100	114.0648	81.0170	141.097	0.74	
		200	118.1283	83.9488	147.422	0.76	
3	Boerema	25	104.6966	74.2577	126.515	0.70	0.73
		50	109.5320	77.7465	134.041	0.72	
		100	114.0648	81.0170	141.097	0.74	
		200	118.1283	83.9488	147.422	0.76	
4	Nedeco	25	104.6966	74.2577	98.895	0.33	0.36
		50	109.5320	77.7465	105.145	0.35	
		100	114.0648	81.0170	111.005	0.37	
		200	118.1283	83.9488	116.258	0.38	

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Tugas akhir yang disusun adalah mengkomparasikan beberapa jenis sebaran hujan sebagai input dalam analisis banjir rancangan. Penelitian dilakukan untuk membahas mengenai jenis sebaran hujan jam–jaman (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco) berdasarkan data hujan harian (dari tahun 1991-2005) yang paling sesuai dengan data banjir yang terjadi di tempat pengukuran sebagai masukan pemilihan metode bagi perancang dalam analisis banjir rancangan yang paling cocok/mendekati dengan data debit terukur dilapangan. Lokasi penelitian terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan lebih spesifik pada DAS Sungai Code terukur di stasiun hidrometri Kaloran, yang aliran sungainya berawal dari lereng gunung merapi dan bermuara di sungai Opak.

Hasil penelitian yang dilakukan mendapatkan :

1. Hujan harian maksimum atas dasar data dari tahun 1991 sampai dengan 2005 berturut-turut adalah : 88,59; 89,85; 60,24; 78,74; 88,57; 65,72; 99,07; 70,10; 57,06; 103,65; 76,27; 67,78; 50,62; 71,07 dan 88,37 mm.
2. Hujan rancangan harian dengan kala ulang 25, 50, 100, dan 200 tahun adalah berturut-turut sebagai berikut : 104,6966; 109,5320; 114,0648 dan 118,1283 mm.
3. Sebaran hujan dengan menggunakan cara Rasional, Der Weduwen, Boerama dan Nedeco hasilnya dapat dilihat di Lampiran 5.

4. Banjir rancangan dengan hidrograf satuan sintetik Gama I dengan dasar bahwa komponen aliran (debit) pada sungai didapatkan nilai debit max (Q_T) dengan Q_{BF} adalah 5,007 dan kala ulang setiap 25, 50, 100, dan 200 tahun, dimulai dari Rasional, Der weduwen, Boerama, dan Nedeco secara berturutan yaitu : 144,468; 152,824; 160,657; 167,678 m^3/dt untuk Rasional, 126,515; 134,041; 141,097; dan 147,422 m^3/dt untuk Der Weduwen, 126,515; 134,041; 141,097; dan 147,422 m^3/dt untuk Boerama, sedangkan 98,895; 105,145; 111,005; dan 116,258 m^3/dt untuk Nedeco.
5. Regresi untuk hubungan $Q_{pengamatan}$ dengan Tinggi hujan (R) dengan data debit terukur 3 tahun terakhir (2003-2005) didapatkan persamaan regresi yang digunakan untuk analisis validasi beberapa metode sebaran hujan . Persamaan regresi hubungan Q_p vs R adalah $Q = 0,7215 R - 1.2819$.
6. Validasi antara Q_T sintetik dengan $Q_{pengamatan}$ dengan metode sebaran hujan (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco) dengan kala ulang mulai dari 25, 50, 100, dan 200 tahun didapatkan nilainya sebagai berikut :
 - a. Metode Rasional hasil deviasinya adalah 0,95; 0,97; 0,98; dan 1,00 dan reratanya 0,97
 - b. Metode Der Weduwen hasil deviasinya adalah 0,70; 0,72; 0,74; dan 0,76 dan reratanya 0,73

- c. Metode Boerama hasil deviasinya adalah 0,70; 0,72; 0,74; dan 0,76 dan reratanya 0,73
- d. Metode Nedeco hasil deviasinya adalah 0,33; 0,35; 0,37; dan 0,38 dan reratanya 0,36

4.2 Pembahasan

Penerapan metode polygon thiessen untuk penelitian yang dilakukan dengan pengambilan pos stasiun hujan yang bermacam-macam (tahun 1991-2000 yaitu, Kempt, Angin - angin, Prumpung, Beran, Santan, dan Karang Ploso, sedangkan tahun 2001-2005 adalah Kempt, Angin - angin, Prumpung, Beran, Gemawang dan Bedugan) dikarenakan stasiun Gemawang dan Bedugan baru berdiri atau aktif mulai tahun 2001-2005 dan Untuk Santan dan karang Ploso digantikan atas dasar stasiun hujannya lebih jauh dari DAS Code (lebih dekat stasiun Gemawang dan Bedugan). Dipakainya metode Poligon Thiessen atas dasar dalam pencatatan data hujan bahwa setiap pos hujan dapat mewakili tebal hujan dari suatu daerah dengan luas tertentu. Luas tertentu itu adalah luas daerah yang dibatasi garis tegak lurus yang melalui dan membagi menjadi dua bagian yang sama dari setiap garis lurus yang menghubungkan setiap dua pos hujan yang berdekatan, sehingga jika salah satu pos hujan tidak terukur datanya karena misalnya alatnya rusak, alat belum terpasang (diaktifkan) atau datanya meragukan maka jaringan polygon juga akan ikut berubah dan hasil luas daerahnya pun berubah pula.

Debit maksimum terukur didapatkan dari pembacaan grafik AWLR yang dicari maksimumnya yang berlokasi di stasiun Kaloran yang kemudian dengan

menggunakan tabel debit sungai di stasiun Kaloran (Tabel debit sungai terdapat di Lampiran 3) diperoleh hasilnya, yaitu debit dilapangan ($Q_{\text{pengamatan}}$).

Dari hasil deviasi Tabel 3.10 hal 55 dapat di ketahui bahwa untuk metode sebaran yang dipakai (Rasional, Der Weduwen, Boerama, dan Nedeco) semakin kala ulangnya bertambah (25, 50, 100, dan 200 th) maka deviasinya juga semakin bertambah pula. Sedangkan antara metode Der Weduwen dan Boerama hasil deviasinya sama.

Pada penelitian ini terdapat asumsi yang secara tidak langsung mempengaruhi hasil penelitian yaitu kesalahan yang disebabkan peralatan dan manusia seperti tingkat ketelitian alat, kesalahan manusia seperti kesalahan dalam pembacaan dan penulisan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari uraian analisis perhitungan di muka dapat dibuat kesimpulan, yaitu untuk jenis sebaran yang telah dikomparasikan dan divalidasi sebagai masukan pemilihan metode bagi perancang dalam analisis banjir rancangan yang paling cocok/mendekati dengan data debit terukur dilapangan adalah Nedeco. Dengan bukti hasil reratanya paling kecil yaitu 0,36 daripada hasil rerata metode yang lain (Rasional = 0,97, Der Weduwen = 0,73, dan Boerama = 0,73).

5.2 Saran

Dari beberapa kesimpulan diatas maka saran yang dapat diberikan adalah :

1. Bagi perancang yang selama ini menggunakan jenis sebaran hujan dalam perhitungan banjir rancangan menurut yang disukainya, maka dengan penelitian yang telah dilakukan pilihlah atau gunakanlah metode/cara sebaran hujan Nedeco, dikarenakan hasilnya paling mendekati dengan data debit terukur dilapangan.
2. Perlunya data-data yang lebih lengkap dan lebih memadai sehingga dapat diketahui metode sebaran hujan yang lebih teliti dan akurat dengan membandingkan dengan metode-metode sebaran hujan yang lainnya.

3. Perlunya pengecekan ulang atau koreksi-koreksi atas data curah hujan, data AWLR, data debit, serta karakteristik suatu DAS, agar dalam perhitungan yang dilakukan hasil analisisnya lebih akurat.

Daftar Pustaka

1. Bambang Sulistiono. 2001. *Diktat kuliah Rekayasa Hidrologi*, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan UII.
2. Chow, V.T., D.R Maidment, L.W. Mays, McGrawHill. 1988. *Applied Hydrology*. New York.
3. ECI. 1978. *Karangsambung/Wadaslintang Multi-Purpose Project, Hydrology Appendix*. Denver, USA.
4. Engginerring Consultants. 1978. *Hydrology Appendix*. INC.Denver Colorado, USA.
5. Heru Prayogo. 2004. *Analisis Hidrolika Banjir Dan Upaya Pengendaliannya Pada Sungai Code Dengan Menggunakan Software HEC-RAS Versi 3.1*, Tugas Akhir Tidak dipublikasikan secara umum.
6. Joesron Loebis. 1984, *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Dinas Pekerjaan Umum.
7. Joesron Loebis, 1993. *Hidrologi Sungai*. Departemen Pekerjaan Umum.
8. Johar Arifin. 2005. *Aplikasi Excel dalam Statistik dan Riset Terapan*. PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta.
9. Lalu Makruf. 2004. *Analisis Frekuensi Dalam Hidrologi*. UII Yogya
10. Rosalina. 2005. *Analisis Statistik Menggunakan Aplikasi Excel*. Alfabeta Cv.
11. Soemarto. 1987. *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
12. Saihul Anwar. 2001. *Metode penelitian Kondisi Fungsi Hidrologis DAS Cimanuk-Cisanggarung dan Beberapa DAS di P.Jawa Melalui Analisis Hidrograf dan Analisis Angkutan Sedimen*, www.google.com.
13. Sri Harto BR. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
14. Sri Harto BR. 1993. *Hidrologi Terapan*. KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

15. Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda. 1983. *Hidrologi untuk Pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
16. Soewarno. 1991. *Hidrologi*, Nova.
17. Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional*, Nova.
18. Yulius. 2005. *Kajian Jumlah Kasus Banjir Optimal Untuk Penetapan Banjir Rancangan Dengan Metode Hidrograf Satuan*, Tugas Akhir Tidak dipublikasikan secara umum.

