

**FENOMENA PERUBAHAN KARAKTERISTIK  
PUNCAK BANJIR KARENA PERUBAHAN TATA GUNA  
TANAH SEKITAR SUNGAI KLANDUAN  
(STUDI KASUS KAWASAN KAMPUS TERPADU UII)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai  
gelar sarjana teknik (ST) Program Studi Teknik Sipil  
pada fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jogjakarta



Disusun Oleh :

**KISDIYANTO**

No Mhs : 99511244

**BAYU KUSUMA DWLCS**

No Mhs : 99511374

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2004**

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr.Wb*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Fenomena Perubahan Karakteristik Puncak Banjir Karena Perubahan Tata Guna Tanah Sekitar Sungai Klanduan (Studi Kasus Kawasan Kampus Terpadu UII)”.

Laporan penelitian ini berdasarkan penelitian yang telah penulis laksanakan di Lapangan (Daerah penelitian), sebagai salah satu kewajiban yang harus ditempuh untuk menyelesaikan program Strata-1 di Jurusan Teknik Sipil Dan Perencanaan Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis telah berusaha dengan kemampuan maksimal agar mendapatkan hasil karya yang baik dan manfaat. Namun demikian penulis hanyalah manusia biasa yang tak luput dari kekurangan dan kesalahan yang memungkinkan kurang sempurnanya laporan ini.

Penulis menyadari besarnya peranan orang lain dalam penyusunan laporan ini. Untuk itu pada kesempatan ini tak salah penulis menghaturkan terimakasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak DR.Ir. LUTHFI HASAN, MS selaku Rektor Universitas Indonesia
2. Bapak Ir. H. WIDODO, MSCE, Ph.D sebagai Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. MUNADHIR, MS sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. LALU MAKRUP,MT sebagai dosen pembimbing I.
5. Bapak Dr. Ir. H. RUZARDI, MS sebagai dosen pembimbing II.
6. Kedua orang tua yang selalu mendukungku baik materi maupun non materi serta adik-adikku yang tercinta.
7. Teman-teman Sipil Angkatan '99 yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.
8. Segenap karyawan Universitas Islam Indonesia Jurusan Teknik Sipil yang sabar membantu kami.

Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan bimbingan selama melaksanakan penelitian hingga penyusunan laporan ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan mendapatkan pahaia yang setimpal dari Allah SWT.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini berguna bagi penulis khususnya dan rekan pembaca pada umumnya. Amien ...

*Jazakumullah khoiron katsiron*

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Jogjakarta, 25 Januari 2005

Penyusun

## DAFTAR ISI

|   | <i>Halaman</i> |
|---|----------------|
| HALAMAN JUDUL.....  | i              |
| LEMBAR PENGESAHAN.....  | ii             |
| KATA PENGANTAR.....   | iii            |
| DAFTAR ISI.....   | v              |
| DAFTAR GAMBAR.....  | ix             |
| DAFTAR TABEL.....   | x              |
| INTISARI .....  | xi             |
| <br>BAB I : PENDAHULUAN   |                |
| 1.1 Latar Belakang.....   | 1              |
| 1.2 Rumusan Masalah.....  | 3              |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....  | 3              |
| 1.4 Batasan masalah.....  | 4              |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....   | 4              |
| <br>BAB II : STUDI PUSTAKA  |                |
| 2.1 Pengertian Air Limpasan Kaitannya dengan Intensitas<br>Curah Hujan.....   | 5              |
| 2.2 Pengertian Air Limpasan Kaitannya dengan Intensitas<br>Curah Hujan dan Reboisasi (Penghijauan Hutan Kembali)..... | 6              |
| 2.3 Pengertian Air Limpasan Kaitannya dengan Intensitas<br>Curah Hujan dan Tataguna Lahan.....                        | 6              |

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 2.4 | Pengertian Air Limpasan Yang dipengaruhi Intensitas<br>Curah Hujan dan Tataguna Lahan Dengan Memperhatikan<br>Probabilitas Kenaikan Banjir di Masa Yang akan Datang..... | 7 |
| 2.5 | Air Limpasan Kaitannya dengan Intensitas<br>Curah Hujan,Tataguna Lahan dan Air Resapan.....  | 8 |

### BAB III : LANDASAN TEORI

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.1     | Pendahuluan.....                              | 9  |
| 3.2     | Pengukuran Curah Hujan.....                   | 12 |
| 3.3     | Uji Nilai Ekstrim .....                       | 13 |
| 3.4     | Analisis Data Hujan.....                      | 14 |
| 3.4.1   | Curah Hujan Daerah Aliran Sungai.....         | 14 |
| 3.4.1.1 | Rerata Aljabar.....                           | 14 |
| 3.4.1.2 | Rerata Thyessen ( <i>Thyessen Mean</i> )..... | 15 |
| 3.4.1.3 | Rerata Isoheit ( <i>Isohyetal Mean</i> )..... | 16 |
| 3.4.2   | Intensitas Hujan.....                         | 17 |
| 3.4.2.1 | Thalbot (1881).....                           | 18 |
| 3.4.2.2 | Sherman (1905).....                           | 18 |
| 3.4.2.3 | Ishiguro (1953).....                          | 19 |
| 3.4.2.4 | Mononobo (1980).....                          | 19 |
| 3.5     | Air Limpasan Permukaan.....                   | 19 |
| 3.6     | Analisis Debit Banjir.....                    | 20 |
| 3.6.1   | Rumus luas daerah aliran.....                 | 22 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 3.6.2  | Rumus parameter daerah aliran.....                               | 24 |
| 3.7    | Lapisan Kedap Air.....   | 24 |
| 3.8    | Koefisien Penyebaran Curah Hujan ( $\beta$ ).....                | 27 |
| 3.9    | Faktor Tampung.....  | 27 |
| 3.10   | Waktu Konsentrasi.....   | 28 |
| 3.11   | Analisis Frekuensi.....  | 29 |
| 3.11.1 | Seri Kejadian.....   | 29 |
| 3.11.2 | Peluang (probability) Kejadian N-tahun.....                      | 30 |
| 3.11.3 | Menentukan Besarnya Kejadian N-tahun dengan<br>Penggambaran..... | 31 |
| 3.11.4 | Menentukan Besarnya Kejadian N-tahun dengan<br>Perhitungan.....  | 34 |
| 3.11.5 | Periode ulang Nilai Maksimum Gumbel.....                         | 34 |
| 3.11.6 | Metode Melchior.....   | 36 |
| 3.11.7 | Metode Mononobo.....   | 37 |

#### BAB IV : METODE PENELITIAN

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.1 | Umum.....  | 39 |
| 4.2 | Langkah Pengumpulan Data.....                    | 39 |
| 4.3 | Uji kesahihan Data.....                          | 40 |
| 4.4 | Pengisian Data Intensitas Hujan yang Hilang..... | 41 |
| 4.5 | Prosedur Penelitian .....                        | 42 |

|     |                                      |    |
|-----|--------------------------------------|----|
| 4.6 | Tempat dan data yang dibutuhkan..... | 43 |
|-----|--------------------------------------|----|

## BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 5.1     | Intensitas Curah Hujan (I).....  | 44 |
| 5.1.1   | Menghitung Intensitas Hujan 60 menitan.....                              | 45 |
| 5.1.2   | Menghitung Intensitas Hujan 120,180,240,360 menitan.....                 | 47 |
| 5.1.3   | Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang<br>2 Tahunan.....        | 49 |
| 5.1.3.1 | Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas.....                             | 51 |
| 5.1.4   | Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang<br>5 Tahunan.....        | 54 |
| 5.1.4.1 | Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas.....                             | 56 |
| 5.1.5   | Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang<br>10 Tahunan .....      | 57 |
| 5.1.5.1 | Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas.....                             | 59 |
| 5.1.6   | Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode<br>Ulang 20 Tahunan.....       | 60 |
| 5.1.6.1 | Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas.....                             | 62 |
| 5.1.7   | Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang<br>Ulang 50 Tahunan..... | 63 |
| 5.1.7.1 | Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas.....                             | 65 |
| 5.1.8   | Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang<br>100 Tahunan.....      | 66 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 5.1.8.1 | Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas .....                             | 68 |
| 5.2     | Analisis ( <i>Geographic Information System</i> ) Untuk DAS Klanduan..... | 70 |
| 5.2.1   | Raster To Vector (R2V).....   | 70 |
| 5.2.2   | Arc Info.....   | 71 |
| 5.2.3   | Arc View.....   | 71 |
| 5.3     | Luas Daerah Pengaliran Sungai (A).....                                    | 71 |
| 5.4     | Koefisien Penyebaran Hujan ( $\beta$ ).....                               | 72 |
| 5.5     | Koefisien Limpasan (C).....   | 73 |
| 5.6     | Faktor Tampungan (Cs).....  | 74 |
| 5.7     | Menghitung Besar Aliran Limpasan Permukaan (Q).....                       | 78 |
| 5.7.1   | Daerah Aliran Sungai Klanduan tahun 1989.....                             | 78 |
| 5.7.2   | Daerah Aliran Sungai Klanduan tahun 2003.....                             | 85 |
| 5.8     | Perbandingan DAS Sungai Klanduan.....                                     | 92 |
| 5.9     | Analisis Frekuensi Banjir Metode Mononobo.....                            | 93 |
| 5.9.1   | Perhitungan Parameter Statistik.....                                      | 93 |
| 5.9.2   | Perhitungan Parameter Daerah Aliran Sungai.....                           | 95 |
| 5.9.3   | Perhitungan Analisis Frekuensi Debit Banjir.....                          | 97 |

## BAB VI : PEMBAHASAN

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 6.1 | Umum.....  | 103 |
| 6.2 | Hasil Analisis Tataguna lahan dan Perbandingan hitungan<br>Debit Banjir..... | 106 |

BAB VII : KESIMPULAN DAN SARAN

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 7.1 Kesimpulan..... | 110 |
| 7.2 Saran.....      | 111 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

*Halaman*

|  |    |
|--|----|
| Gambar 3.1 Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Rerata Aljabar.....        | 15 |
| Gambar 3.2 Pengukuran tinggi curah hujan dengan cara Polygon Thyessen..... | 16 |
| Gambar 3.3 Pengukuran tinggi curah hujan dengan cara Isoheit.....          | 17 |
| Gambar 4.1 Proses penelitian.....  | 42 |

## DAFTAR TABEL

|   | <i>Halaman</i> |
|---|----------------|
| Tabel 3.1 Nilai Koefisien Limpasan Untuk Berbagai Kawasan.....                                  | 26             |
| Tabel 3.2 Koefisien Penyebaran Hujan.....   | 27             |
| Tabel 3.3 Nilai-nilai Distribusi Normal.....  | 34             |
| Tabel 5.1 Kedalaman Curah Hujan Jangka Pendek di Stasiun-<br>Kempot Jogjakarta.....             | 44             |
| Tabel 5.2 Intensitas Curah Hujan di Stasiun Kempot Jogjakarta.....                              | 45             |
| Tabel 5.3 Standar Deviasi Stasiun Kempot Jogjakarta.....  | 45             |
| Tabel 5.4 Harga–Harga Intensitas Curah Hujan Untuk Berbagai Durasi<br>Dan Periode Ulang.....    | 48             |
| Tabel 5.5 Perhitungan Parameter Intensitas Curah Hujan untuk periode<br>Ulang 2 Tahunan.....    | 50             |
| Tabel 5.6 Perbandingan Kecocokan Rumus–Rumus Intensitas Hujan.....                              | 53             |
| Tabel 5.7 Perhitungan Parameter Intensitas Curah Hujan untuk periode-<br>Ulang 5 Tahunan.....   | 55             |
| Tabel 5.8 Perhitungan Parameter Intensitas Curah Hujan untuk periode-<br>Ulang 10 Tahunan.....  | 58             |
| Tabel 5.9 Perhitungan Parameter Intensitas Curah Hujan untuk periode-<br>Ulang 20 Tahunan.....  | 61             |
| Tabel 5.10 Perhitungan Parameter Intensitas Curah Hujan untuk periode-<br>Ulang 50 Tahunan..... | 64             |

|  |    |
|--|----|
| Tabel 5.11 Perhitungan Parameter Intensitas Curah Hujan untuk periode-<br>Ulang 100 Tahunan..... | 67 |
| Tabel 5.12 Luas Daerah Aliran dan Tata Guna Lahan Sungai Klanduan<br>tahun 1989.....             | 72 |
| Tabel 5.13 Luas Daerah Aliran dan Tata Guna Lahan Sungai Klanduan<br>tahun 2003.....             | 72 |
| Tabel 5.14 Koefisien Limpasan untuk DAS Klanduan.....  | 73 |
| Tabel 5.15 Koefisien Limpasan Sungai Klanduan tahun 1989.....                                    | 74 |
| Tabel 5.16 Koefisien Limpasan Sungai Klanduan tahun 2003.....                                    | 74 |
| Tabel 5.17 Tinggi Persegmen Sungai Klanduan Tahun 1989.....                                      | 75 |
| Tabel 5.18 Perhitungan segmen Sungai Klanduan Tahun 1989.....                                    | 76 |
| Tabel 5.19 Tinggi persegmen Sungai Klanduan Tahun 2003.....                                      | 76 |
| Tabel 5.20 Perhitungan segmen Sungai Klanduan Tahun 2003.....                                    | 77 |
| Tabel 5.21 Besar Air Limpasan Permukaan DAS Klanduan tahun 1989.....                             | 84 |
| Tabel 5.22 Besar Air Limpasan Permukaan DAS Klanduan tahun 2003.....                             | 91 |
| Tabel 5.23 Data Intensitas Hujan Tertinggi Tiap Tahun.pada Stasiun Kempud.....                   | 93 |
| Tabel 5.24 Standar Deviasi Curah hujan maksimum .....  | 93 |
| Tabel 5.25 Kemiringan DAS Klanduan 1989.....   | 95 |
| Tabel 5.26 Kemiringan DAS Klanduan 2003.....   | 95 |
| Tabel 5.27 Kecepatan Aliran Sungai Klanduan 1989.....  | 97 |
| Tabel 5.28 Waktu Konsentrasi DAS Klanduan 1989.....  | 97 |
| Tabel 5.29 Perhitungan Intensitas Hujan.....   | 98 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 5.30 Perhitungan Debit Banjir.....                                | 98  |
| Tabel 5.31 Hasil Hitungan Metoda Mononobo Segmen I,II, III, dan IV..... | 99  |
| Tabel 5.32 Kemiringan DAS Klanduan 2003.....                            | 100 |
| Tabel 5.33 Waktu Konsentrasi DAS Klanduan2003.....                      | 100 |
| Tabel 5.34 Perhitungan Intensitas Hujan.....                            | 101 |
| Tabel 5.35 Perhitungan Debit Banjir.....                                | 101 |
| Tabel 5.36 Hasil Hitungan Metoda Mononobo Segmen I,II, III, dan IV..... | 102 |
| Tabel 6.1 Perbandingan Debit limpasan DAS Klanduan Metode Rasional..... | 108 |
| Tabel 6.2 Perbandingan Debit limpasan DAS Klanduan Metode Mononobo..... | 108 |

## DAFTAR GRAFIK

|  | <i>Halaman</i> |
|--|----------------|
| Grafik 5.1 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 2 Tahun.....          | 54             |
| Grafik 5.2 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 5 Tahun.....          | 57             |
| Grafik 5.3 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 10 Tahun.....         | 59             |
| Grafik 5.4 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 20 Tahun.....         | 62             |
| Grafik 5.5 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 50 Tahun.....         | 65             |
| Grafik 5.6 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 100 Tahun.....        | 68             |
| Grafik 5.7 Grafik Intensitas Curah Hujan Tahunan.....                        | 69             |
| Grafik 5.8 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 2 Tahunan.....  | 79             |
| Grafik 5.9 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 5 Tahunan.....  | 80             |
| Grafik 5.10 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 10 Tahunan.... | 81             |
| Grafik 5.11 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 20 Tahunan...  | 82             |
| Grafik 5.12 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 50 Tahunan...  | 83             |
| Grafik 5.13 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 100 Tahunan..  | 84             |
| Grafik 5.14 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 2 Tahunan..... | 86             |
| Grafik 5.15 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 5 Tahunan..... | 87             |
| Grafik 5.16 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 10 Tahunan...  | 88             |
| Grafik 5.17 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 20 Tahunan.... | 89             |
| Grafik 5.18 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 50 Tahunan...  | 90             |
| Grafik 5.19 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 100 Tahunan... | 91             |
| Grafik 5.20 Grafik Debit maksimum Mononobo DAS Klanduan Tahun 1989.....      | 99             |

Grafik 5.21 Grafik Debit maksimum Mononobo DAS Klanduan Tahun 2003.....102

## DAFTAR LAMPIRAN

*Halaman*

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 5.37 Perbandingan Kecocokan Rumus–Rumus Intensitas Hujan<br>periode ulang 5 tahunan .....  | 120 |
| Tabel 5.38 Perbandingan Kecocokan Rumus–Rumus Intensitas Hujan<br>periode ulang 10 tahunan.....  | 123 |
| Tabel 5.39 Perbandingan Kecocokan Rumus–Rumus Intensitas Hujan<br>periode ulang 20 tahunan.....  | 126 |
| Tabel 5.40 Perbandingan Kecocokan Rumus–Rumus Intensitas Hujan<br>periode ulang 50 tahunan.....  | 129 |
| Tabel 5.41 Perbandingan Kecocokan Rumus–Rumus Intensitas Hujan<br>periode ulang 100 tahunan..... | 132 |
| Tabel 5.42 kemiringan DAS Klanduan 1989.....   | 143 |
| Tabel 5.43 Waktu Konsentrasi DAS Klanduan 1989.....  | 143 |
| Tabel 5.44 Perhitungan Intensitas Hujan segmen II.....   | 144 |
| Tabel 5.45 Perhitungan Intensitas Hujan segmen III.....  | 144 |
| Tabel 5.46 Perhitungan Intensitas Hujan segmen IV.....   | 144 |
| Tabel 5.47 Perhitungan Debit Banjir segmen II.....   | 145 |
| Tabel 5.48 Perhitungan Debit Banjir segmen III.....  | 145 |
| Tabel 5.49 Perhitungan Debit Banjir segmen IV.....   | 145 |
| Tabel 5.50 kemiringan DAS Klanduan 2003.....   | 146 |
| Tabel 5.51 Waktu Konsentrasi DAS Klanduan 2003.....  | 146 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 5.52 Perhitungan Intensitas Hujan segmen II.....  | 147 |
| Tabel 5.53 Perhitungan Intensitas Hujan segmen III..... | 147 |
| Tabel 5.54 Perhitungan Intensitas Hujan segmen IV.....  | 147 |
| Tabel 5.55 Perhitungan Debit Banjir segmen II.....      | 148 |
| Tabel 5.56 Perhitungan Debit Banjir segmen III.....     | 148 |
| Tabel 5.57 Perhitungan Debit Banjir segmen IV.....      | 148 |

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Menghitung Intensitas Hujan 120, 180, 240, 360 menit.
- Lampiran 2. Perhitungan Jenis Hujan periode ulang 5 tahunan.
- Lampiran 3. Perhitungan Jenis Hujan periode ulang 10 tahunan.
- Lampiran 4. Perhitungan Jenis Hujan periode ulang 20 tahunan.
- Lampiran 5. Perhitungan Jenis Hujan periode ulang 50 tahunan.
- Lampiran 6. Perhitungan Jenis Hujan periode ulang 100 tahunan.
- Lampiran 7. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 5 tahunan.
- Lampiran 8. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 10 tahunan.
- Lampiran 9. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 20 tahunan.
- Lampiran 10. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 50 tahunan.
- Lampiran 11. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 100 tahunan.
- Lampiran 12. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 5 tahunan.
- Lampiran 13. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 10 tahunan.
- Lampiran 14. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 20 tahunan.
- Lampiran 15. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 50 tahunan.
- Lampiran 16. Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 100 tahunan.
- Lampiran 17. Tahap Perhitungan Tahun 1989 Rumus Mononobo.
- Lampiran 18. Tahap Perhitungan Tahun 2003 Rumus Mononobo.
- Lampiran 19. Data Intensitas Hujan Stasiun Kempud.
- Lampiran 20. Peta Stasiun Hujan.
- Lampiran 21. Peta DAS Klanduan Tahun 1989 dan 2003

## INTISARI

Perubahan tata guna lahan yang terjadi pada daerah sekitar kampus Universitas Islam Indonesia menjadikan hal yang menarik minat peneliti untuk mengadakan penelitian tentang perubahan yang terjadi pada daerah sekitar Kampus terpadu UII. Dengan adanya pembangunan yang bertambah seperti bangunan kost, warung, kantor dan masih banyak lagi lainnya apakah akan berpengaruh besar terhadap tata guna lahan dan siklus hidrologi yang terjadi di daerah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.

Kemudian sebagai langkah awal pelaksanaan penelitian ini adalah mencari data sekunder berupa Data curah hujan, Data kontur daerah Kaliurang dari Balai Sumber Daya Air Propinsi DIY dan Data peta Sungai Klanduan tahun 1989, data peta Sungai Klanduan tahun 2003, peta DAS (Daerah Aliran Sungai) dari BPN (Balai Pertanahan Nasional). Peneliti mencari parameter-parameter yang mempengaruhi perubahan air limpasan (*runoff*) yang terjadi di daerah aliran sungai Klanduan dari tahun 1989 (sebelum Kampus Terpadu dibangun) dan tahun 2003 (sesudah Kampus terpadu dibangun), untuk analisa tata guna lahan peneliti menggunakan *software* GIS (*Geography Information System*) dan untuk analisa frekuensi dan probabilitas Intensitas Hujan digunakan metode Maksimum Gumbel dilanjutkan dengan analisis lengkung IDF (*Intensity Duration Frequency*) yang membandingkan ketiga rumus intensitas hujan yaitu rumus Thalbot, Sherman dan Ishiguro, Besar air limpasan diperoleh dari dua Metode yaitu Metode Rasional dan Metode Mononobo.

Dari hasil penelitian di kawasan DAS Klanduan perubahan tata guna lahan dari tahun 1989 sampai tahun 2003 mempengaruhi siklus hidrologi. Hal ini mengakibatkan bertambahnya penduduk di kawasan DAS Klanduan sehingga mengakibatkan berubahnya tata guna lahan di daerah kawasan DAS Klanduan yang menyebabkan berubahnya pula daya resap tanah terhadap air hujan yang jatuh. Hal ini juga mempengaruhi besarnya air yang melimpas pada saat terjadi hujan di kawasan tersebut. Dari hasil penelitian di kawasan DAS Klanduan perubahan tata guna lahan dari tahun 1989 sampai tahun 2003, terjadi kenaikan air limpasan pada DAS Klanduan tahun 2003 dari DAS Klanduan tahun 1989. Dalam perhitungan ini kami memperhitungkan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 20 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Hal ini dapat dilihat terhadap debit limpasan yang didapatkan, dengan Metode Rasional pada tahun 1989 debit limpasannya adalah  $17,601 \text{ m}^3/\text{det}$  dan pada tahun 2003 adalah  $19,738 \text{ m}^3/\text{det}$ . Sedangkan dengan Metode Mononobo debit limpasan yang terjadi pada tahun 1989 adalah  $61,741 \text{ m}^3/\text{det}$  dan pada tahun 2003 adalah  $68,308 \text{ m}^3/\text{det}$ . Akhir penelitian kami menyimpulkan bahwa terjadi kenaikan puncak banjir dari tahun 1989 sampai tahun 2003.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air hujan merupakan sumber keberadaan air di permukaan bumi serta merupakan komponen utama dalam keseimbangan siklus hidrologi. Pergerakan air ini secara alami berlaku dalam proses siklus hidrologi seperti penguapan, hujan, air limpasan dan infiltrasi. Perubahan atau gangguan terhadap komponen siklus tersebut akan mengganggu keseimbangan proses siklus keseluruhan.

Di perkotaan siklus hidrologi ini paling sering mengalami gangguan. Bukti ini dapat ditunjukkan dengan indikasi yang sangat sederhana yaitu pesatnya perubahan guna tanah dari lapisan lolos air kepada lapisan kedap air. Pengamatan beberapa tahun terakhir ini di beberapa kota besar, pengaruh perubahan terhadap siklus hidrologi adalah tidak sama antara satu kota dengan kota yang lain. Kejadian ini dibuktikan oleh peneliti-peneliti antara lain: Sorman (1977), Huff (1977), Westmacott dan Burn (1997), Lorup dan Rao (1998), Laociga et al. (1996), Desa dan Daud (1997), dan Ruzardi (2002).

Umumnya terdapat dua pengaruh ekstrim yang berlaku terhadap perubahan siklus hidrologi tersebut, yaitu: bertambahnya jumlah curah hujan yang berakibat terhadap kenaikan air limpasan permukaan atau berkurangnya jumlah curah hujan berakibat berkurangnya ketersediaan air permukaan. Kedua perubahan tersebut sama-sama tidak menguntungkan dari tinjauan pengelolaan sumber daya air. Tetapi dampak

yang sering terjadi adalah kenaikan limpasan permukaan yang berakibat pada bencana banjir.

Beberapa kasus banjir besar di perkotaan antara lain yaitu: banjir besar di Sungai Yangtze, Cina pada bulan juni 1998, telah mengorbankan 1,145 ribu jiwa serta beribu-ribu hektar tanaman musnah (Al Islam, 1998). Banjir di North Carolina pada 17 Oktober 1999, telah melanda daerah seluas 29,000 km<sup>2</sup>, dan mengorbankan lebih dari 3 juta ekor ternak (Radio Suara Amerika, 1999). Banjir besar di Jakarta pada 9 Januari 1996 telah merenggut 11 jiwa, ribuan rumah terendam dengan ketinggian air mencapai 3 meter dan memaksa lebih 10,000 penduduk mengungsi (Kompas). Bahkan banjir yang terbesar di Jakarta terjadi pada 29 dan 30 Januari 2002. hampir semua wilayah Jakarta terendam air dengan 19 orang korban jiwa serta 195,000 orang mengungsi (Republika, 2002).

Kota Jogjakarta dilalui oleh tiga sungai utama yaitu Sungai Code, Sungai Gajah Wong dan Sungai Winongo. Dengan kondisi topografi yang cukup tinggi sungai-sungai ini berfungsi sebagai drainasi alam yang baik, disamping itu kondisi tanah yang kepasiran sangat mendukung rembesan yang besar dan mengurangi limpasan. Tetapi dalam perkembangannya akhir-akhir ini aliran ketiga sungai tersebut dalam keadaan banjir telah menimbulkan korban yang cukup besar. Sebagai contoh banjir besar yang terjadi baru-baru ini tanggal 28 Februari 2003, telah menelan korban jiwa dan menimbulkan waduk kecil di daerah Kali Bayem.

Berangkat dari permasalahan tersebut kami tertarik untuk melakukan penelitian perubahan karakteristik puncak banjir dan hubungannya dengan tata guna lahan khususnya pada DAS (Daerah Aliran Sungai) Klanduan.

DAS Klanduan melewati kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, dimana kawasan ini diperkirakan mempunyai dampak akibat pembangunan kampus terpadu, khususnya terhadap perubahan tata guna lahan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Upaya penanggulangan banjir perlu dilakukan dengan tujuan agar bencana yang terjadi di daerah kali Bayem tidak terjadi pada daerah sungai Klanduan yang kami teliti. Dengan demikian masalah yang terjadi dapat dirumuskan sebagai berikut: “Apakah yang terjadi pada karakteristik puncak banjir pada DAS Klanduan sebelum dan sesudah Kampus Universitas Islam Indonesia dibangun”.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengklasifikasikan perubahan tata guna lahan dan menentukan bentuk perubahan yang signifikan untuk perkembangan kawasan kampus terpadu UII.
2. Menganalisis intensitas hujan dan mencari rumusan intensitas yang sesuai untuk kawasan tersebut.
3. Mencari hubungan yang signifikan antara perubahan tata guna lahan dengan kejadian air limpasan hujan di kawasan penelitian yang berhubungan dengan karakteristik puncak banjir Sungai Klanduan sebelum dan sesudah UII dibangun.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Mengingat masalah yang sangat luas dan keterbatasan waktu yang diberikan, maka tugas akhir ini dibatasi hanya pada kondisi sebagai berikut:

1. Data hujan yang diambil dan dianalisis adalah data tahun sebelum 1992 (sebelum kampus dibangun) dan data sesudah tahun 1992 (sesudah kampus dibangun).
2. Kawasan yang menjadi objek penelitian adalah DAS Klanduan yang berada di depan Masjid Ulil Albab kampus terpadu UII.
3. Analisis karakteristik air limpasan menggunakan metode Rasional dan Mononobo.
4. Analisis perubahan tata guna lahan menggunakan GIS (*Geographic information system*).

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian yang kami lakukan adalah :

1. Dapat mengetahui besarnya intensitas hujan di kawasan kampus terpadu UII dan karakteristik air limpasan terhadap puncak banjir DAS Klanduan.
2. Dengan adanya penelitian ini, pihak-pihak yang bersangkutan baik dari Universitas maupun masyarakat dapat memanfaatkannya sebagai dasar pendirian bangunan baru di DAS Klanduan khususnya di lingkungan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.

## BAB II

### STUDI PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Air Limpasan Kaitannya dengan Intensitas Curah Hujan

Penelitian Westmacott dan Burn (1997), mendapatkan bahwa terjadi penurunan debit aliran yang lebih besar dibanding kenaikannya. Tes kecenderungan statistik Mann-Kendall didapatkan sejumlah 28,28% penurunan debit yang signifikan pada 0,05. Kejadian ini berlaku di bulan Maret hingga Oktober dan 26,61% di bulan Mei hingga Agustus, sedangkan kenaikan debit bagi kedua periode tersebut hanyalah 5,05% dan 0,92%. Mereka mengatakan bahwa fenomena ini mungkin terjadi disebabkan oleh peningkatan kehilangan evapotranspirasi yang dihasilkan dari peningkatan suhu dalam kurun waktu tertentu.

Lorup dan Rao (1998), meneliti korelasi pengaruh perubahan guna tanah terhadap limpasan penelitian dilakukan dalam periode 25 hingga 50 tahun. Hasil mereka mendukung hasil yang telah ditemukan Westmacott dan Burn (1997). Analisis terhadap enam kawasan tangkapan air hujan (tadahan) menunjukkan terjadinya penurunan limpasan tahunan. Penurunan terbesar terdapat pada kawasan yang mengalami peningkatan penduduk yang tinggi. Tetapi hanya satu kawasan saja yang mempunyai penurunan signifikan pada 0,05.

## **2.2 Pengertian Air Limpasan Kaitannya dengan Intensitas Curah Hujan dan Reboisasi (Penghijauan Hutan Kembali)**

Dun dan Mackay (1995), melakukan penghijauan sebesar 22% dari luas kawasan dengan penanaman pohon-pohon yang besar. Hasil menunjukkan, limpasan permukaan didapatkan berkurang sebesar 50%. Selain itu, penelitian mereka mendapatkan bahwa perbedaan topografi, curah hujan dan lapis penutup permukaan tanah dapat memberikan kesan hidrologi yang berbeda pada sub-tadahan walaupun berbeda dalam satu kawasan tadahan.

## **2.3 Pengertian Air Limpasan Kaitannya dengan Intensitas Curah Hujan dan Tataguna Lahan**

Ng dan Marsalek (1989), telah melakukan penelitian terhadap kawasan tadahan sungai Waterford. Kawasan ini telah berkembang menjadi kawasan urbanisasi dan memberi dampak terhadap sumber air di situ. Analisis guna tanah dari tahun 1973 hingga 1984 menghasilkan bahwa penambahan guna tanah pemukiman seluas 2,3 km<sup>2</sup>, kawasan perdagangan atau kantor dan industri kilang seluas 1,5 km<sup>2</sup> dan kawasan tanah kosong seluas 2,0 km<sup>2</sup>. Kawasan-kawasan lainnya seluas 0,6 km<sup>2</sup>. Tanah pertanian berkurang sebanyak 1,6 km<sup>2</sup> dan kawasan hutan seluas 4,7 km<sup>2</sup>.

Hasil penelitian mereka menyimpulkan bahwa perkembangan kawasan di masa akan datang melalui penambahan keluasan lapisan kedap air tidak akan mempengaruhi secara signifikan terhadap aliran bulanan maupun aliran tahunan. Bahkan seandainya perkembangan lapisan kedap air bertambah sebanyak tiga kalinya, kenaikan aliran hanya terjadi sebesar 1%. Tetapi terjadi peningkatan yang signifikan pada puncak

aliran. Jika lapisan kedap air meningkat dua kali luas yang sekarang, aliran puncak akan meningkat sebesar 20%.

Penelitian Boyd et al. (1994), terhadap 26 kawasan tadahan di beberapa negara didapatkan bahwa 17 kawasan tadahan yang permukaannya kedap air mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kenaikan limpasan permukaan. Intensitas hujan akan memberikan nilai yang signifikan terhadap limpasan pada kejadian hujan lebat (hujan di atas 40 mm/jam). Untuk hujan yang lebih kecil yaitu pada intensitas hujan 10 mm/jam, akan memberikan kesan pada limpasan jika tanah masih dalam keadaan basah. Didapatkan juga bahwa kawasan yang banyak aliran air hujan akan mempunyai sifat yang sama dengan lapisan permukaan tidak kedap air. Kejadian ini dibuktikan dengan meningkatnya puncak limpasan permukaan pada kawasan tadahan tersebut.

#### **2.4 Pengertian Air Limpasan Yang dipengaruhi Intensitas Curah Hujan dan Tataguna Lahan Dengan Memperhatikan Probabilitas Kenaikan Banjir di Masa Yang akan Datang.**

Ruzardi (2002), melakukan penelitian untuk kawasan lembah Klang, Selangor. Analisis dilakukan terhadap 30 stasiun hujan dan 37 klasifikasi jenis guna tanah. Hasil penelitian mendapatkan hubungan yang signifikan antara perubahan guna tanah dengan penambahan curah hujan. Ada kecenderungan hujan selalu bertambah dari periode pengamatan tahun 1974 hingga tahun 1997, dan ini sejalan dengan penambahan lapisan kedap air dalam periode tersebut. Tetapi hasil menunjukkan bahwa perubahan akibat kenaikan hujan lebih memberikan dampak yang sangat besar terhadap kenaikan limpasan (banjir) dibanding dengan akibat perubahan lapisan kedap air. Analisis dari 16 sub-tadahan selama kurun waktu tersebut didapatkan bahwa: untuk periode ulang banjir

lima tahunan didapatkan kenaikan debit banjir maksimum 58% dan minimum 20%, sedangkan periode ulang 200 tahunan didapatkan kenaikan puncak banjir sebesar 100% dan terkecil 22%. Temuan lainnya didapatkan bahwa pusat atau konsentrasi hujan terjadi di sekitar kawasan perkotaan yang sangat padat.

## **2.5 Air Limpasan Kaitannya dengan Intensitas Curah Hujan, Tataguna Lahan dan Air Resapan.**

Retno Purwaning Hastuti S dan Andi Rudi Herianto (1997), melakukan penelitian di kawasan Kampus Terpadu, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia. Analisis dilakukan di kawasan Kampus Terpadu dan daerah sekitar kawasan Kampus Terpadu. Hasil penelitian mendapatkan bahwa dengan adanya Kampus Terpadu, banyak memberikan pengaruh terhadap lingkungan sekitarnya. Antara lain banyak berdiri bangunan-bangunan gedung seperti: kos-kosan, warung, dan lain-lain yang mempengaruhi air resapan hujan. Selain itu limpasan air yang terjadi di kawasan Kampus Terpadu dan daerah sekitarnya bertambah besar dengan berkurangnya lahan terbuka dan vegetasi yang berubah menjadi bangunan-bangunan gedung.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Pendahuluan

Siklus hidrologi menggambarkan suatu rantai fenomena alam yang menghubungkan erosi, sedimentasi dan limpasan. Bagian dari siklus hidrologi yang disebut hujan, kondisi tanah dan vegetasi mempunyai peranan penting dalam proses erosi, sedimentasi dan limpasan (E.M Wilson, 1993).

Matahari merupakan sumber tenaga bagi alam, dengan tenaga tersebut, seluruh permukaan di bumi akan terjadi penguapan, baik dari muka tanah, permukaan pohon-pohonan dan permukaan air. Penguapan yang terjadi dari permukaan air dikenal dengan penguapan (*free water evaporation*), sedangkan penguapan yang terjadi dari permukaan pohon-pohonan dikenal dengan transpirasi (*transpiration*). Uap air akibat evaporasi dan transpirasi ini terbawa oleh udara panas naik ke atmosfer dimana uap air tersebut terkumpul menjadi awan. Oleh karena suhu udara di atmosfer makin rendah pada tempat yang makin tinggi, maka suatu saat terjadilah kondensasi uap air, uap air yang panas akan mengembang karena molekul udara bergerak saling menjauhi satu sama lain akibat panas tersebut. Suatu volume udara yang panas dengan demikian mengandung lebih sedikit molekul udara dari sebelumnya, sehingga berat volume udara ini lebih ringan dan naik ke atas. Udara tersebut membawa juga uap air naik tinggi ke atas ke dalam atmosfer. Udara yang naik ke dalam atmosfer ini menjadi dingin disebabkan proses *adiabatic expansion* yaitu suatu proses ekspansi dimana tidak terjadi kehilangan maupun perubahan panas. Udara yang naik ke atas tersebut akan menjadi dingin karena

tekanan atmosfer makin tinggi makin berkurang, sehingga suatu ketika terjadi kondensasi dari uap air di udara tersebut atau menjadi butiran-butiran air yang sangat kecil, jika butiran-butiran air yang sangat kecil tersebut terkumpul menjadi butiran air yang lebih besar, maka mereka akan jatuh ke bumi menjadi hujan. Air hujan yang jatuh ke bumi tersebut sebagian ditahan oleh tumbuhan dan sebagian lagi jatuh ke bumi, pada permukaan air atau permukaan tanah. Air yang jatuh ke permukaan tanah sebagian meresap ke dalam tanah dan sebagian mengalir di permukaan tanah ke tempat-tempat yang lebih rendah. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian tertahan pada daerah di dalam tanah yang dipengaruhi oleh akar tumbuhan dan sebagian merembes terus ke dalam tanah dan menyatu dengan air tanah. Air yang mengalir di permukaan tanah pada umumnya akan mengalir masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Dalam perjalanannya, air permukaan tersebut mungkin sebagian tertahan pada cekungan tanah yang dasarnya relatif tidak rembes air sehingga menjadi kubangan air atau tempat penampungan air sementara ataupun pada danau-danau. Namun pada prinsipnya air tersebut jika memungkinkan akan terus mengalir ke tempat yang lebih rendah dan terkumpul di sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Muka air tanah juga selalu berubah-ubah, karena air dalam tanah dapat juga muncul lagi ke permukaan tanah sebagai mata air, demikianlah siklus hidrologi tersebut akan terulang kembali (Iman Subarkah, 1980).

Proporsi jumlah air yang mengalir dari masing-masing cara sangat berlainan tergantung dari karakteristik hujannya atau sifat-sifat daerah pengaliran. Pada suatu lokasi sungai yang direncanakan perlu direncanakan analisis perkiraan limpasan sungai yang dihasilkan oleh hujan yang turun di daerah pengaliran yang disebut analisa limpasan (Suyono Sosrodarsono, 1976). Limpasan sungai terbagi sebagai berikut:

1. Limpasan permukaan, merupakan air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah dan masuk ke sungai sebagian besar limpasan permukaan terjadi pada waktu hujan dan menjadi bagian utama limpasan banjir.
2. Limpasan air tanah, merupakan komponen yang meresap jauh ke tanah dan mengalir ke sungai atau laut sebagai air tanah.
3. Limpasan sungai, merupakan air hujan yang langsung turun di atas permukaan daerah sungai dan biasanya termasuk juga limpasan permukaan.

Siklus hidrologi tidak terlepas dari air limpasan (run off) sebagai salah satu bagiannya. air limpasan ini adalah tahapan lanjutan setelah hujan terjadi. Perlu kita ketahui bahwa hujan yang turun akan diteruskan menjadi run off, infiltrasi, evaporasi, transpirasi, dan evapotranspirasi. Dari hal tersebut terlihat ada hubungan yang erat antara hujan dengan air limpasan, makin besar hujan yang terjadi maka makin besar pula air limpasan yang mengalir.

Secara konvensional pengukuran curah hujan dengan alat yang dinamakan alat pengukur curah hujan dipasang di tempat yang terbuka untuk menampung air hujan, tidak terhalang oleh pepohonan maupun bangunan. Pada alat pengukur curah hujan terdapat ukuran-ukuran, sehingga setiap kali hujan dapat dicatat berapa tinggi air hujan yang terkumpul. Jika catatan ini setiap kali dikumpulkan maka dalam satu tahun didapatkan tinggi air yang dinyatakan dalam mm/th. Hujan yang tercatat dari stasiun-stasiun pengukur curah hujan biasanya menghasilkan curah hujan jaman, harian, tahunan, dan jumlah rata-rata tahunan dari hujan yang tercatat oleh alat yang membaca kejadian hujan tersebut.

Sifat hujan ditetapkan berdasarkan presentasi nilai perbandingan antara jumlah curah hujan selama periode musim kemarau dengan jumlah curah hujan rata-ratanya pada periode yang sama untuk setiap daerah. Ada tiga kategori sifat hujan, yaitu:

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

Sifat hujan normal artinya akumulasi curah hujan yang terjadi di suatu daerah prakiraan musim selama musim kemarau berada di sekitar nilai rata-rata selama 30 tahun, di atas normal lebih tinggi dari batas atas nilai normalnya dan di bawah normal lebih rendah dari batas bawah nilai normalnya. Sebagai contoh: apabila sifat hujan dalam prakiraan musim di suatu daerah diperkirakan normal, tidak berarti bahwa setiap bulan periode musim tersebut intensitas hujan akan terus menerus normal, namun pada bulan-bulan tertentu curah hujannya dapat di atas normal atau di bawah normal. Akan tetapi secara kumulatif curah hujan selama periode musim kemarau tersebut adalah normal.

### **3.2 Pengukuran Curah Hujan**

Besaran hujan dapat dihitung dengan alat pengukur hujan yang ditempatkan stasiun-stasiun hujan. Untuk memperoleh besaran hujan yang dapat dianggap sebagai kedalaman hujan yang sebenarnya terjadi di sepanjang daerah aliran sungai, maka diperlukan jumlah stasiun hujan yang dipasang sehingga mewakili besaran hujan di DAS tersebut. Dalam hal ini ketelitian pengukuran hujan sangatlah menentukan, adapun faktor-faktor yang mempengaruhinya adalah jumlah stasiun dan pola penyebaran stasiun hujan.

Dalam analisis hidrologi seorang hidrolog dihadapkan pada dua masalah pokok, yaitu:

1. Ketetapan tentang jumlah stasiun hujan dan stasiun hidrometri (stasiun pengamatan) yang akan digunakan dalam analisis, termasuk di dalamnya pola penyebaran stasiun dalam DAS yang bersangkutan.
2. Ketelitian yang dapat dicapai oleh suatu jaringan pengamatan dengan kerapatan tertentu.

### 3.3 Uji Nilai Ekstrim

Data hujan yang diperoleh kemungkinan mempunyai nilai yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Kejadian seperti ini mungkin disebabkan oleh gangguan di lapangan. Untuk mendapatkan data yang baik penyaringan dilakukan terhadap nilai-nilai jumlah hujan yang diperoleh. Jumlah hujan yang jauh dari nilai rerata tidak digunakan untuk keperluan analisis.

Kaidah Grubbs dan Becks sebagaimana yang diberikan oleh Daud (2001) digunakan untuk penyaringan data. Nilai batas tertinggi dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$x_H = \exp(\bar{x} + K_N s) \quad \dots \dots (3.1)$$

Nilai batas terendah ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$x_H = \exp(\bar{x} - K_N s) \quad \dots \dots (3.2)$$

di mana  $\bar{x}$  dan  $s$  rerata hujan dan standar deviasi.  $K_N$  adalah nilai statistik Grubbs dan Becks yang didapat dari persamaan berikut:

$$K_N = -3.6220 + 6.28446N^{1/4} - 2.49835N^{1/2} + 0.49143N^{3/4} - 0.037911N \dots \dots (3.3)$$

di mana  $N$  adalah jumlah data yang diuji.

### 3.4 Analisis Data Hujan

Analisis data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan intensitas yang diperlukan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama.

#### 3.4.1 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 dirubah menjadi hujan area rerata atau hujan kawasan. Untuk menentukan besar hujan area rerata pada daerah aliran sungai dapat dipakai beberapa cara yaitu:

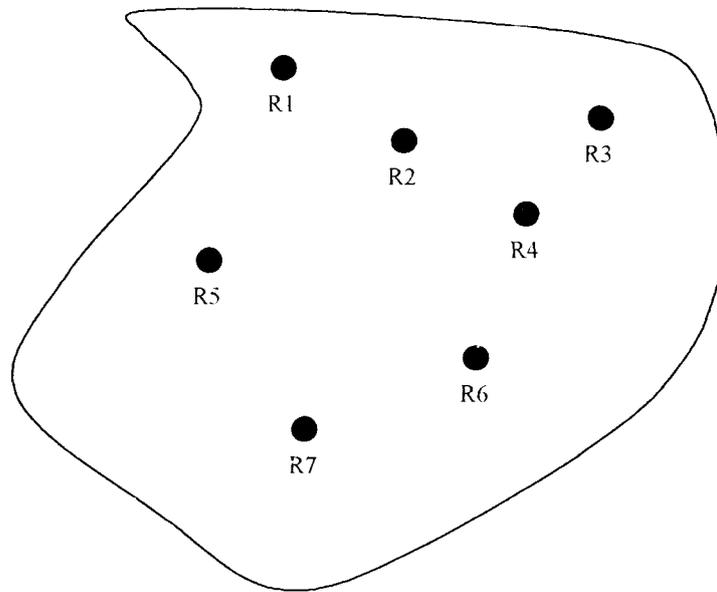
##### 3.4.1.1 Rerata Aljabar

Pada prinsipnya hitungan dilakukan dengan menjumlahkan curah hujan dari beberapa stasiun hujan yang dipilih selama periode tertentu dan membaginya dengan jumlah stasiunnya (Suyono,1976). Hal tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum R_i \dots \dots (3.4)$$

dimana:  $\bar{R}$  adalah hujan rerata,  $n$  adalah jumlah stasiun,  $R_i$  adalah hujan titik di stasiun  $i$ .

Gambar



Gambar 3.1 Pengukuran Tinggi Curah Hujan dengan Rerata Aljabar

#### 3.4.1.2 Rerata Thyessen (*Thyessen Mean*)

Pada cara rerata ini setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu dan luas tersebut merupakan faktor koreksi (*Weighing Factor*) bagi hujan di stasiun yang bersangkutan (Suyono, 1976). Luas masing-masing daerah tersebut diperoleh dengan cara sebagai berikut:

- a. Semua stasiun yang terdapat di dalam atau di luar DAS dihubungkan dengan garis dan akan membentuk jaring-jaring segitiga.
- b. 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 mewakili.

Cara ini cukup baik dibandingkan rerata Aljabar. Kekurangan rerata Thyessen diantaranya adalah pengaruh topografi tidak nampak demikian pula apabila salah satu

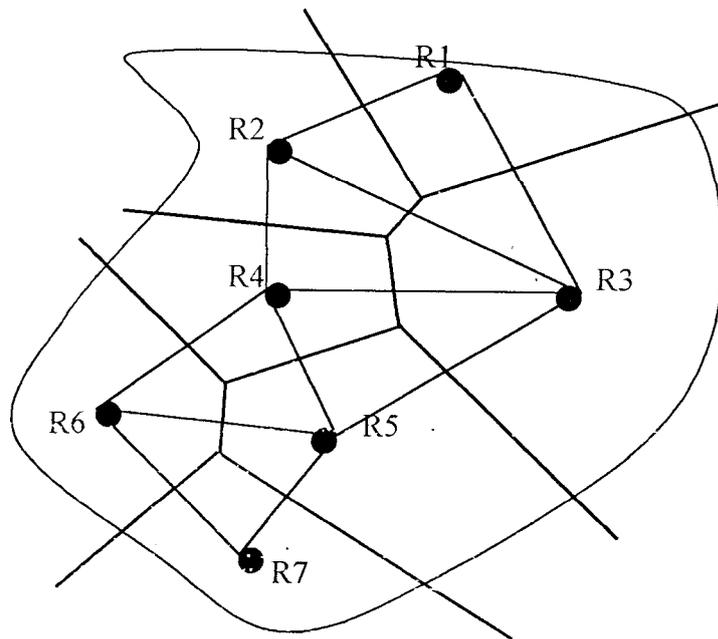


stasiun yang tidak berfungsi (rusak) maka gambar poligonnya harus dirubah. Oleh karena itu rumus di atas pun akan berubah menjadi sebagai berikut (Suyono, 1976):

$$\bar{R} = \sum W_i \cdot R_i \quad \dots \dots (3.5)$$

$$W_i = \frac{A_i}{A} \quad \dots \dots (3.6)$$

dimana:  $\bar{R}$  adalah hujan rerata dalam mm,  $R_i$  adalah hujan titik di stasiun I,  $A_i$  adalah luas polygon Thyessen stasiun I,  $A$  adalah luas daerah total, dan  $W_i$  adalah luas daerah pada stasiun.



Gambar 3.2 Pengukuran tinggi curah hujan dengan cara Polygon Thyessen

### 3.4.1.3 Rerata Isoheit (*Isohyetal Mean*)

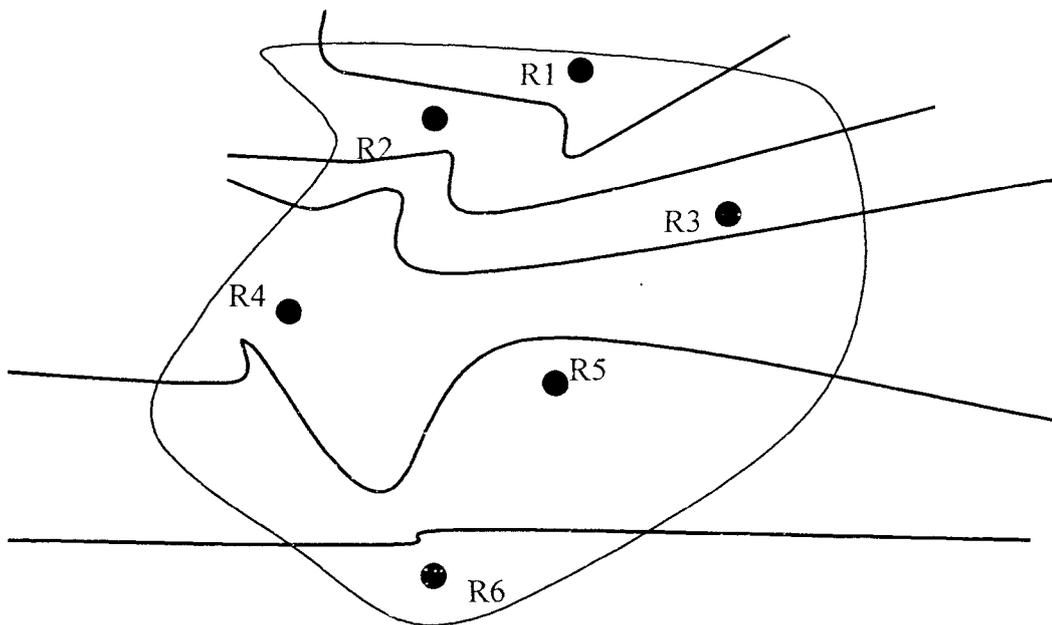
Isoheit merupakan garis yang menghubungkan titik-titik tinggi hujan yang sama pada saat bersamaan. Pada cara ini pengaruh nilai kontur dimasukkan. Kesulitan dari cara ini adalah kesulitan dalam setiap kali harus menggambarkan garis Isoheit (Suyono, 1976). Hal tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \sum W \cdot R \quad \dots \dots (3.7)$$

$$W = \frac{A1}{A_{tot}} \dots \dots (3.8)$$

$$R = \frac{(R1 + R2)}{2} \dots \dots (3.9)$$

dimana:  $\bar{R}$  adalah hujan rerata (mm),  $W$  adalah luas daerah Isoheit,  $A1$  adalah luas antara Isoheit,  $R1$  adalah hujan Isoheit 1,  $R2$  adalah hujan Isoheit 2,  $R$  adalah hujan antar Isoheit,  $A_{tot}$  adalah luas total daerah.



Gambar 3.3 Pengukuran tinggi curah hujan dengan cara Isoheit

### 3.4.2 Intensitas Hujan

Intensitas merupakan banyaknya air hujan yang jatuh di permukaan bumi tersebar merata dalam durasi waktu tertentu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya hujan dan frekuensi kejadiannya. Semakin pendek durasi

hujan semakin besar intensitasnya. Satuan intensitas adalah mm/jam atau cm/hari.

Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung intensitas hujan diantaranya:

### 3.4.2.1 Thalbot (1881)

Rumus (Thalbot dalam Suyono,1976) yaitu:

$$I = \frac{a}{t+b} \quad \dots \dots (3.10)$$

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

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

$$a = \frac{[I][I^2] - [I^2t][I]}{N[I^2] - [I][I]} \quad \dots \dots (3.11)$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2t]}{N[I^2] - [I][I]} \quad \dots \dots (3.12)$$

### 3.4.2.2 Sherman (1905)

Rumus (Sherman dalam Suyono,1976) yaitu:

$$I = \frac{a}{t^k} \quad \dots \dots (3.13)$$

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

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

$$\log a = \frac{[\log I](\log t)^2 - [\log t \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]} \quad \dots \dots (3.14)$$

$$k = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]} \quad \dots \dots (3.15)$$

### 3.4.2.3 Ishiguro (1953)

Rumus (Ishiguro dalam Suyono,1976) yaitu:

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad \dots \dots (3.16)$$

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

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

$$a = \frac{[I\sqrt{t}][I^2] - [I^2\sqrt{t}][I^2]}{N[I^2] - [I][I]} \quad \dots \dots (3.17)$$

$$b = \frac{[I][I\sqrt{t}] - [I\sqrt{t}]N}{N[I^2] - [I][I]} \quad \dots \dots (3.18)$$

### 3.4.2.4 Mononobo (1980)

Menurut DR.Mononobo, untuk dapat menghitung intensitas curah hujan dapat menggunakan rumus yang sering dipakai di Jepang. Persamaan rumus tersebut adalah:

Rumus (Mononobo dalam Suyono,1976) yaitu:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^m \quad \dots \dots (3.19)$$

dimana:  $R_{24}$  adalah curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm),  $t$  adalah lama hujan dalam satu hari (menit),  $m$  adalah koefisien.

## 3.5 Air Limpasan Permukaan

Jumlah air limpasan pada suatu daerah akan sangat dipengaruhi oleh luas daerah aliran yang tergantung pada keadaan geologi tanah atau batuan termasuk kelengasan tanah di daerah tersebut dan topografi dari daerah aliran, perkembangan tata guna lahan pada suatu kawasan akan mempengaruhi daya resap tanah pada kawasan tersebut.

### 3.6 Analisis Debit Banjir

Untuk menentukan besar debit rencana ada beberapa metoda yang digunakan, diantaranya adalah metode rasional dan metode hidrograf satuan. Metoda rasional digunakan untuk daerah aliran dengan luas sampai 500 ha, sedangkan hidrograf satuan digunakan umumnya batas luas sampai 5000 km<sup>2</sup>.

Untuk daerah pengaliran yang lebih besar dari 5000 km<sup>2</sup> maka harus dibutuhkan berjenis-jenis hidrograf satuan yang berhubungan dengan keadaan curah hujannya (Iman Subarkah, 1980). Rumus dasar yaitu:

$$Q = C_s \cdot \beta \cdot C \cdot I \cdot A \quad \dots \dots (3.20)$$

dimana:  $Q$  adalah debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/dtk),  $C_s$  adalah koefisien nilai tampungan,  $\beta$  adalah koefisien penyebaran hujan,  $C$  adalah koefisien limpasan,  $I$  adalah intensitas hujan (mm/dtk),  $A$  adalah luas daerah pengaliran sungai (m<sup>2</sup>)

Selain itu untuk menghitung debit maksimum ( $Q_{maks}$ ), maka dipakai rumus-rumus sebagai berikut (Iman Subarkah, 1980):

$$Q_{max} = \frac{1}{3,6} \cdot R_m \cdot f \cdot A (m^3 / dtk) \quad \dots \dots (3.21)$$

dimana:  $R_m$  adalah intensitas curah hujan maksimum selama banjir (mm),  $f$  adalah koefisien run off,  $A$  adalah luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>).

$$R_m = R_o \left(\frac{t}{T}\right)^{2,3} (mm) \quad \dots \dots (3.22)$$

dimana:  $R_o$  adalah curah hujan rata-rata (mm),  $t$  adalah lamanya hujan (jam),  $T$  adalah waktu konsentrasi (jam).

$$R_o = \frac{R_{24}}{t} (mm / jam) \quad \dots \dots (3.23)$$

dimana:  $R_{24}$  adalah curah hujan selama satu hari (daily rain fall) (mm).

$$T = \frac{L}{W} (\text{jam}) \quad \dots \dots (3.24)$$

dimana:  $L$  adalah panjang sungai (km),  $W$  adalah kecepatan banjir (km/jam).

$$W = 72 \left( \frac{H}{L} \right)^{0.6} (\text{km/jam}) \quad \dots \dots (3.25)$$

dimana:  $H$  adalah beda tinggi sungai hulu dan hilir (km)

Rumus Burkli-Ziegler (Iman Subarkah, 1980):

$$Q = C.I.A \left( \frac{S}{A} \right)^{0.25} \text{ cfs} \quad \dots \dots (3.26)$$

dimana:  $I$  adalah intensitas hujan rata-rata dalam inch/jam selama selang waktu hujan paling deras,  $S$  adalah kemiringan permukaan tanah rata-rata.

Untuk perencanaan gorong-gorong, rumus rasional dimodifikasi untuk memperhitungkan waktu konsentrasi air ditempat gorong-gorong, yaitu lama waktu bagi aliran maksimum untuk mencapai lubang gorong-gorong (Iman Subarkah, 1980).

Rumus yaitu:

$$Q = \frac{C.I.A}{f} \text{ cfs} \quad \dots \dots (3.27)$$

dimana:  $f$  adalah kemiringan permukaan (3,0 untuk kemiringan permukaan <0,5%, 2,5 untuk kemiringan permukaan 0,5-1%, 2,0 untuk kemiringan permukaan >1%), *cfs* (*cubic feet per second*).

Di indonesia, khususnya dipulau jawa, mengenai keadaan hujan telah diadakan pengamatan-pengamatan oleh A.P.Melchior, J. Boerema, F.H Van Kooten, J.P. Der Weduwen pada sekitar akhir abad yang lalu sampai permulaan abad XX ini, untuk menentukan hubungan antara hujan dan banjir didalam sungai. Untuk menentukan debit

maksimum sebagai dasar dipakai rumus Pascher, yang didasarkan juga pada rumus rasional (Iman Subarkah,1980).

$$Q = C.\beta.R.A(m^3 / dtk) \quad \dots \dots (3.28)$$

dimana:  $C$  adalah angka pengaliran tak berdimensi,  $R$  adalah curah hujan terpusat maksimum (point rainfall) didaerah aliran, yang dinyatakan dengan  $m^3/dtk/km^2$ .

Pada saluran-saluran pengairan, yang airnya mungkin meluap, dibuatkan peluap untuk mencegah tergenangnya sawah-sawah atau tanah-tanah disekitarnya dan rusaknya bangunan-bangunan dan tanggul saluran (Iman Subarkah,1979). Ukuran peluap ditentukan dengan rumus:

$$Q = m.f\sqrt{2g.h} \quad \dots \dots (3.29)$$

dimana:  $f$  adalah luas irisan basah tembok pilar dalam ( $m^2$ ) diukur siku-siku pada arus,  $g$  adalah percepatan gaya berat dalam ( $m/dtk^2$ ),  $m$  adalah nilai ambang dan dinding.

### 3.6.1 Rumus luas daerah aliran

Rumus (E.M.Wilson 1993) yaitu:

$$Q = C x A^n \quad \dots \dots (3.30)$$

dimana:  $Q$  adalah Debit banjir dalam  $m^3/dtk$  ( $ft^3/dt$ ),  $A$  adalah Luas daerah aliran dalam  $km^2$  ( $mil^2$ ),  $n$  adalah Indek (0.5–1,25),  $C$  adalah Koefisien yang tergantung pada iklim, daerah aliran, dan satuan–satuan.

Rumus ini bersifat empiris yang diturunkan dari hasil penelitian banjir pada daerah–daerah aliran tertentu, sebagai contoh turunan paling awal dari rumus diatas ditemukan oleh Dickens di India (E.M.Wilson 1993).

$$Q = 825 \times a^{0,75} \quad \dots \dots (3.31)$$

Dimana:  $a$  adalah Luas daerah aliran dalam  $\text{mil}^2$

Akan tetapi karena rumus ini tidak mempertimbangkan kelembaban tanah, curah hujan, kemiringan tanah, ketinggian, dan sebagainya, maka jelas bahwa nilainya sangat kecil dalam pemakaian secara umum, meskipun rumus–rumus tersebut sering digunakan untuk memperoleh suatu perkiraan pendahuluan dengan cepat mengenai “banjir maksimum” (E.M.Wilson 1993).

Morgan mengusulkan untuk banjir bencana besar di Skotlandia dan Waies

$$Q = 3000 \times M^{0,5} \quad \dots \dots (3.32)$$

Dimana:  $Q$  adalah Debit banjir dalam  $\text{ft}^3/\text{dt}$ ,  $M$  adalah Luas daerah aliran dalam  $\text{mil}^2$

Ditambah pengalamannya tentang periode ulang  $T$  (dalam tahun), Morgan memberikan persamaan (E.M.Wilson 1993).

$$\text{Banjir rencana} = \text{Banjir bencana besar} \times (T / 500)^{\frac{1}{3}} \quad \dots \dots (3.33)$$

Rumus yang serupa dari tipe yang sama ditemukan oleh Fuller dan dipakai secara luas di Amerika Serikat. (E.M.Wilson 1993)

$$Q_{av} = C \times A^{0,8} \quad \dots \dots (3.34)$$

Dimana:  $A$  adalah Luas daerah aliran dalam  $\text{mil}^2$ ,  $C$  adalah Koefisien yang biasanya diambil sebesar 75,  $Q_{av}$  adalah Nilai rata–rata dari debit banjir tahunan dalam  $\text{ft}^3/\text{dt}$ .

Nilai  $Q_{av}$  kemudian disubstitusikan kedalam rumus:

$$Q_m = Q_{av} (1 + 0,8 \times \log T) \quad \dots \dots (3.35)$$

Dimana:  $T$  adalah periode ulang dalam tahun,  $Q_m$  adalah banjir maksimum tahunan yang “paling mungkin”

### 3.6.2 Rumus parameter daerah aliran

Didasari oleh perkiraan aliran maksimum untuk 80 daerah aliran di Inggris yang dibuat dengan metode hidrograf satuan dan selanjutnya dihubungkan dengan karakteristik daerah aliran (E.M.Wilson 1993).

$$EMF = 0,835 \times AREA^{0,878} \times RSM D^{0,724} \times SOIL^{0,533} \times (1 + URBAN)^{1,308} \times S1085^{0,162} \dots \dots (3.36)$$

dimana: *AREA* adalah Luas daerah (km<sup>2</sup>), *RSM D* adalah Hujan 1 hari efektif dengan periode ulang 5 tahun dikurangi deficit kelembaban tanah, *SOIL* adalah Indeks tanah, *URBAN* adalah Bagian perkotaan dari daerah aliran, *S1085* adalah Kemiringan aliran (m/km) yang diukur antara dua titik yang terletak pada jarak 10% dan 85% dari panjang aliran.

Rumus-rumus seperti di atas mungkin mudah digunakan dan berguna untuk perkiraan pendahuluan, tetapi penggunaannya terbatas karena rumus tersebut berlaku hanya pada wilayah-wilayah kejadian asalnya.

### 3.7 Lapisan Kedap Air

Persentase lapisan kedap air di identikkan sama dengan koefisien limpasan (*C*). Koefisien limpasan yaitu perbandingan antara limpasan hujan di permukaan dengan curah hujan yang jatuh. Nilai koefisien limpasan ini berhubungan langsung dengan lapisan penutup permukaan tanah. Yaitu: jenis tanah, topografi, kekasaran permukaan, tumbuh-tumbuhan dan guna tanah (Iman Subarkah, 1979). Untuk mencari nilai *C*, digunakan rumus di bawah:

Rumus yaitu:

$$C = \frac{\sum_{j=1}^n C_j A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad \dots \dots (3.37)$$

dimana:  $C_j$  adalah koefisien limpasan dalam sub-keluasan,  $A_j$  adalah keluasan koefisien limpasan yang berbeda,  $n$  adalah jumlah koefisien limpasan yang berbeda.

Besar nilai koefisien limpasan menggunakan nilai standar yang dikeluarkan oleh Mc. Quen (1998). Koefisien limpasan adalah nilai banding antara bagian hujan yang melimpas dimuka bumi dengan hujan total yang terjadi. Besarnya koefisien pengaliran hujan dipengaruhi oleh tata guna lahan, jenis tanah dan kondisi tanah. Besarnya koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Nilai Koefisien Limpasan untuk berbagai kawasan

| Jenis Kawasan Tangkapan             | Koefisien Limpasan |
|-------------------------------------|--------------------|
| 1. Halaman rumput                   |                    |
| Tanah berpasir, datar (2%)          | 0.05 – 0.10        |
| Tanah berpasir, rata – rata (2%-7%) | 0.10 – 0.15        |
| Tanah berpasir, curam (7%)          | 0.15 – 0.20        |
| Tanah berat, datar (2%)             | 0.13 – 0.17        |
| Tanah berat, rata – rata (2% - 7%)  | 0.18 – 0.22        |
| Tanah berat, curam (7%)             | 0.25 – 0.35        |
| 2. Kawasan perdagangan              |                    |
| Kawasan kota                        | 0.70 – 0.95        |
| Kawasan pinggiran                   | 0.50 – 0.70        |
| 3. Kawasan pemukiman                |                    |
| Kawasan keluarga tunggal            | 0.30 – 0.50        |
| Multi satuan, terpisah              | 0.40 – 0.60        |
| Multi satuan berhamparan            | 0.60 – 0.75        |
| Pinggiran kota                      | 0.25 – 0.40        |
| Kawasan tempat tinggal rumah susun  | 0.50 – 0.70        |
| 4. Perindustrian                    |                    |
| Industri ringan                     | 0.50 – 0.80        |
| Industri berat                      | 0.60 – 0.90        |
| 5. Taman – taman dan kuburan        | 0.10 – 0.25        |
| Taman permainan                     | 0.20 – 0.35        |
| 6. Kawasan halaman rel kereta api   | 0.20 – 0.40        |
| 7. Kawasan yang belum diperbaiki    | 0.10 – 0.30        |
| 8. Jalan – jalan                    |                    |
| Beraspal                            | 0.70 – 0.95        |
| Beton                               | 0.80 – 0.95        |
| Batu bata                           | 0.70 – 0.85        |
| 9. Jalan raya                       | 0.75 – 0.85        |
| 10. Atap                            | 0.75 – 0.95        |
| 11. Kawasan pedalaman               |                    |
| Tanah berpasir dan berkerikil       |                    |
| - Diolah dan ditanami               | 0.20               |
| - Padang rumput                     | 0.15               |
| - Hutan kayu                        | 0.10               |
| Tanah lempung dan lumpur            |                    |
| - Diolah dan ditanami               | 0.40               |
| - Padang rumput                     | 0.35               |
| - Hutan kayu                        | 0.30               |
| Tanah lempung bersih                |                    |
| - Diolah dan ditanami               | 0.50               |
| - Padang rumput                     | 0.45               |
| - Hutan kayu                        | 0.40               |

Sumber, Dunne dan Leopold, 1978, hlm 300

### 3.8 Koefisien Penyebaran Curah Hujan ( $\beta$ )

Koefisien penyebaran hujan merupakan nilai yang digunakan untuk mengoreksi pengaruh penyebaran hujan yang tidak merata pada suatu daerah pengaliran. Nilai besaran ini tergantung dari kondisi dan luas pengaliran. angka penyebaran  $\beta$  apabila luas areal kurang dari 1 km<sup>2</sup> maka  $\beta = 1$ , dan bila luas arealnya lebih dari 1 km<sup>2</sup> maka untuk mendapatkan  $\beta$  menggunakan rumus Haspers (Iman Subarkah,1980).

Rumus yang digunakan:

$$\frac{1}{\beta} = \frac{1 + 3.7.10^{-0.4tc}}{10^2 + 15} \frac{F^{0.75}}{12} \quad \dots \dots (3.38)$$

dimana:  $\beta$  adalah Koefisien penyebaran curah hujan,  $t_o$  adalah Waktu konsentrasi (menit),  $F$  adalah Luas areal (km<sup>2</sup>).

Untuk daerah yang luas koefisien penyebaran hujan dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 3.2** Koefisien Penyebaran Hujan

| Luas daerah pengaliran (Km <sup>2</sup> ) | Koefisien penyebaran hujan ( $\beta$ ) |
|---|--|
| $\leq 4$                                  | 1                                      |
| 5   | 0.995                                  |
| 10  | 0.980                                  |
| 15  | 0.955                                  |
| 20  | 0.920                                  |
| 25  | 0.875                                  |
| 30  | 0.820                                  |
| 50  | 0.5000                                 |

Sumber: Kensaku Takeda, 1987

### 3.9 Faktor Tampung

Hujan yang jatuh berkemungkinan sebagian hilang dengan adanya cekungan atau tahanan permukaan (Suripin, 2003). Rumus rasional faktor tampungan (Storage Coefficient)

$$C_s = \frac{2tc}{2tc + tcc} \quad \dots \dots (3.39)$$

dimana:  $C_s$  adalah Faktor tumpangan,  $tc$  adalah waktu konsentrasi,  $tcc$  adalah waktu aliran keluar.

Waktu aliran keluar dihitung dengan:

$$tcc = \frac{Lc}{Vc} \quad \dots \dots (3.40)$$

dimana:  $Lc$  adalah Panjang perata saluran,  $Vc$  adalah Kecepatan aliran.

Kecepatan aliran dihitung dengan persamaan Manning (Suripin, 2003).

$$Vc = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots \dots (3.41)$$

dimana:  $R$  adalah Jari-jari hidraulis,  $n$  adalah kekasaran manning,  $S$  adalah Kemiringan tanah.

Jari-jari hidraulis dihitung dengan rumus (Suripin, 2003).

$$R = \frac{A}{P} \quad \dots \dots (3.42)$$

dimana:  $A$  adalah Luas tampang basah,  $P$  adalah Keliling basah.

### 3.10 Waktu Konsentrasi

Untuk mendapatkan koefisien penyebaran curah hujan data lain yang diperlukan adalah lamanya waktu konsentrasi (Suripin, 2003). Lamanya waktu konsentrasi menggunakan rumus California haigway sebagai berikut ini.

$$tc = \left[ \frac{0.87L^3}{H} \right]^{0.385} \quad \dots \dots (3.43)$$

dimana:  $tc$  adalah Waktu konsentrasi (jam),  $L$  adalah Panjang aliran permukaan (km),  $H$  adalah Selisih elevasi terendah dengan elevasi tertinggi (m).

Rumus untuk durasi hujan terencana  $D$  dalam jam (E.M. Wilson, 1993).

$$D = t_c = \frac{L}{d} x \sqrt{\left(\frac{a^2}{h}\right)} \quad \dots \dots (3.44)$$

Dimana:  $L$  adalah Jarak terjauh dari sisi daerah aliran ke titik keluar (outfall),  
 $d$  adalah Diameter suatu lingkaran yang luasnya sama dengan luas daerah aliran ( $L/d$  berarti suatu koefisien lingkaran tak berdimensi),  $a$  adalah Luas daerah aliran ( $m^2$ ),  
 $h$  adalah Kemiringan saluran (dalam persen) pada seluruh panjangnya,  $t_c$  adalah Waktu konsentrasi (jam).

### 3.11 Analisis Frekuensi

#### 3.11.1 Seri Kejadian

Pendekatan selanjutnya adalah dengan menggunakan metode-metode statistik untuk memperbanyak data yang tersedia dan berdasarkan data tersebut meramalkan kemungkinan frekuensi terjadinya kejadian-kejadian sesungguhnya. Dengan tersedianya catatan-catatan yang memadai, metode-metode statistik akan menunjukkan bahwa banjir dalam jumlah yang tertentu pada dasarnya dapat diperkirakan dalam bilangan tahun, misalnya setiap 10 tahun, setiap 100 tahun, dan seterusnya. Penting untuk disadari bahwa untuk peluasan massa peramalan ini hanya berlaku sesuai dengan data yang digunakan. Perluasan ini bisa diragukan apakah setiap metode peramalan untuk 100 tahunan dapat memberikan hasil yang cukup baik bila peramalan tersebut didasarkan pada (misalkan) masa pencatatan 30 tahun. Lebih baik jika metode ini digunakan untuk meramalkan "banjir 1000 tahunan" dan perkiraan-perkiraan (estimasi) sejenis.

Prihal hal lain yang perlu diperhatikan adalah sifat dari kejadian-kejadian acak (random event) yang tidak bersiklus. Banjir 100-tahun (yaitu banjir yang rata-rata sekali dalam 100 tahun) bisa terjadi tahun depan, atau tidak akan terjadi selama 200 tahun, atau terjadi lebih dari satu kali dalam 100 tahun berikutnya. ketepatan perhitungan nilai banjir 100 tahun tergantung pada berapa lama pencatatan dilakukan, dan untuk debit banjir, adalah suatu hal yang menguntungkan jika mempunyai catatan lebih dari 30 tahun. Sekalipun demikian, ini mengingatkan bahwa analisis frekuensi sangat penting dalam interpretasinya dan penaksiran kejadian-kejadian seperti debit banjir dan resiko-resiko terjadinya banjir dalam periode waktu yang spesifik. Kesatuan dari pengamatan-pengamatan tidak seri (rangkaiannya) berdiri sendiri yang dilakukan secara rutin, terus menerus disebut seri penuh (full series).

### 3.11.2 Peluang (probability) Kejadian N-tahun

Istilah interval berulang kembali (recurrence interval) atau sering juga disebut periode ulang (return period), rata-rata berlaku antara dua kejadian banjir yang sama atau melebihi suatu elevasi tertentu. Dengan kata lain kejadian N-tahun, yaitu kejadian yang diperkirakan disamai atau melebihi rata-rata setiap N-tahun, mempunyai periode ulang  $T_r$  dari N-tahun. Tidak ada implikasi bahwa kejadian N-tahun terjadi secara siklus, akan tetapi kejadian tersebut mempunyai suatu peluang (probability) untuk terjadi dalam periode tertentu yang ditinjau.

Misalkan  $P(X \leq x)$  menyatakan peluang bahwa  $x$  tidak akan disamai atau dilebihi dalam suatu periode tertentu yang ditinjau. Maka  $P(X \leq x)^n$  akan menyatakan peluang bahwa tidak akan disamai atau dilebihi  $n$  periode tersebut diatas (E.M. Wilson 1993).

Untuk rangkaian yang berdiri sendiri dan dari aturan peluang berganda.

$$\begin{aligned} P(X \leq x)_n &= [P(X \leq x)]_n \\ &= [1 - P(X \geq x)]^n \end{aligned} \quad \dots \dots (3.45)$$

Oleh karena itu

$$P(X \leq x)_n = 1 - [1 - P(X \geq x)]^n \quad \dots \dots (3.46)$$

Sekarang

$$Tr = \frac{1}{P(X \geq x)} \quad \dots \dots (3.47)$$

Maka

$$P(X \geq x)_n = 1 - \left[1 - \frac{1}{Tr}\right]^n \quad \dots \dots (3.48)$$

### 3.11.3 Menentukan Besarnya Kejadian N-tahun dengan Penggambaran

Setelah suatu rangkaian kejadian (misalnya banjir maksimum) ditabelkan, kemudian angka-angka tersebut disusun menurut peringkat  $m$ , mulai dengan  $m=1$  untuk nilai tertinggi  $m=2$  untuk nilai tertinggi berikutnya dan seterusnya hingga nilai terkecil. Periode ulang  $Tr$  sekarang dapat dihitung dengan menggunakan salah satu dari sejumlah rumus yang telah ditinjau ulang oleh Cunnane (E.M. Wilson 1993).

Yang paling sering digunakan pada masa lalu adalah rumus Weibull.

$$Tr = \frac{n+1}{m} \quad \dots \dots (3.49)$$

dimana:  $m$  adalah Peringkat kejadian,  $n$  adalah jumlah kejadian.

rumus ini jarang digunakan karena hasilnya kurang tepat terhadap kejadian terbesar dalam suatu rangkaian pendek. Rumus lain yang sering digunakan adalah rumus California dan Hanzen

$$Tr = \frac{n}{m}$$

$$Tr = \frac{2n}{2n-1} \quad \dots \dots (3.50)$$

Dalam rumus ini terdapat keberatan–keberatan tertentu, salah satu yang paling memadai, yang dikembangkan oleh Gringorten, adalah

$$Tr = \frac{(n+0.12)}{(m-0.44)} \quad \dots \dots (3.51)$$

sebagai jalan tengah yang sederhana, Cunnane menyerahkan rumus.

$$Tr = \frac{n+0.2}{m-0.4} \quad \dots \dots (3.52)$$

Peluang P dari kejadian N-tahun dengan periode ulang Tr adalah

$$P = \frac{100}{Tr} \% \quad \dots \dots (3.53)$$

sehingga rangkaian–rangkaiannya tersebut diurutkan menurut peringkatnya, berbagai kejadian dapat digambarkan pada grafik yang menghubungkan variabel Q dan Tr, maupun P.

Sering diasumsikan bahwa seri–seri tersebut adalah terdistribusi secara normal. Dimana dalam kasus ini titik–titik yang digambar di atas kertas peluang normal akan terletak pada suatu garis lurus. Tetapi ini jarang terjadi pada seri banjir dan kurva–kurva dangkal lebih sering terjadi. Sehingga peramalan menjadi lebih sulit. Untuk mengatasi kesulitan ini variasi Q kadang–kadang digambarkan secara logaritmis, yang memerlukan peluang logaritma normal, atau kertas log-normal.

Para peneliti lain telah mengusulkan metode–metode yang mengamsusikan distribusi–distribusi frekuensi lainnya. Gumbell menggunakan “Teori nilai ekstrim” (Extrime-value theory, EV1) untuk menunjukkan bahwa dalam suatu seri nilai ekstrim

$X_1, X_2, \dots, X_n$  dimana sampel-sampel yang dipilih mempunyai ukuran yang sama dan  $X$  adalah suatu variabel yang terdistribusi secara eksponensial (misalnya debit maksimum yang diamati dalam suatu pembacaan alat ukur tahunan) maka peluang kumulatif  $P'$  dimana setiap nilai  $n$  akan kurang dari nilai tertentu  $X$  (dengan periode ulang  $T$ ) akan mendekati nilai

$$P' = e^{-e^{-x}} \quad \dots \dots (5.54)$$

Dengan  $e$  adalah basis logaritma natural

dan

$$y = -\ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad \dots \dots (3.55)$$

ini berarti bahwa  $P'$  adalah "peluang tanpa kejadian" dari suatu kejadian  $X$  dalam  $T$  tahun atau

$$T = \frac{1}{1 - P'} \quad \dots \dots (3.56)$$

Argumentasi ini mengacu pada metode Gumbel. Kejadian  $X$  dengan periode ulang  $T$  tahun, sekarang ditetapkan sebagai  $Q_T$ , dan

$$Q_T = Q_{AV} + \sigma(0.78y - 0.45) \quad \dots \dots (3.57)$$

dimana:  $Q_{AV}$  adalah Rata-rata dari semua nilai "banjir tahunan"  $Q_m$ ,  $\sigma$  adalah Deviasi standar dari seri.

Maka

$$\sigma = \sqrt{\left[ \frac{n}{n-1} \left( \frac{\sum Q_m^2}{n} - Q_{AV}^2 \right) \right]} \quad \dots \dots (3.58)$$

dimana:  $n$  adalah jumlah tahun pencatatan=jumlah nilai  $Q_m$ ,  $\sum Q_m^2$  adalah jumlah kuadrat dari nilai  $n$  dari  $Q_m$ .

### 3.11.4 Menentukan Besarnya Kejadian N-tahun dengan Perhitungan

Guna menentukan debit spesifik yang disertai dengan peluang terjadinya  $r$  tertentu dalam suatu seri tahunan yang terdistribusi secara normal, kita perlu menghitung (E.M. Wilson 1993).

$$Q_r = Q_{av} + K\sigma \quad \dots\dots(3.59)$$

dimana:  $\sigma$  adalah deviasi standart, K adalah faktor-faktor yang terdapat dalam tabel 3.3

Tabel 3.3 Nilai-nilai distribusi normal

| Peluang dilampui (%) | K     | Peluang dilampui (%) | K      |
|----------------------|-------|----------------------|--------|
| 0.1                  | 3.09  | 50                   | 0.00   |
| 0.5                  | 2.58  | 55                   | -0.13  |
| 1                    | 2.33  | 60                   | -0.25  |
| 2.5                  | 1.96  | 65                   | -0.385 |
| 5                    | 1.645 | 70                   | -0.52  |
| 10                   | 1.28  | 75                   | -0.67  |
| 15                   | 1.04  | 80                   | -0.84  |
| 20                   | 0.84  | 85                   | -1.04  |
| 25                   | 0.67  | 90                   | -1.28  |
| 30                   | 0.52  | 95                   | -1.645 |
| 35                   | 0.385 | 97.5                 | -1.96  |
| 40                   | 0.25  | 99.0                 | -2.33  |
| 45                   | 0.13  | 99.5                 | -2.58  |
| 50                   | 0.00  | 99.9                 | -3.09  |

Sumber: Bonnier, 1980

### 3.11.5 Periode ulang Nilai Maksimum Gumbel

Data statistik hujan dalam hidrologi terdiri dari banyak yang mungkin mencapai ribuan. Pengujian menunjukkan bahwa tidak pernah diperoleh suatu data hujan yang terbaik bagi suatu data tertentu. Gumbel menciptakan suatu rumus untuk mencari nilai-nilai hujan maksimum asimtotik yang pertama (*extreme value I/EV I*) yang biasa disebut dengan hujan jenis I Gumbel.

Linsley et al.(1986) dan Chow et al. (1988) mengatakan bahwa hujan jenis I Gumbel telah digunakan secara meluas dalam bidang hidrologi. Gumbel jenis I telah

menunjukkan keunggulannya bagi perkiraan analisis kekerapan banjir di Britain (Natural Environment Research Council, 1975). Begitu juga untuk analisis intensitas hujan umumnya dimodelkan dengan rumus ini.

Persamaan umum untuk menghitung analisis frekuensi diwakili oleh:

$$X_{TR} = \bar{X} + K.S_X \quad \dots \dots (3.60)$$

dimana:  $X_{TR}$  = jumlah hujan unyuk periode ulang  $T_R$ ,  $\bar{X}$  = jumlah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan,  $S_X$  = Standar deviasi,  $K$  = faktor frekuensi.

Nilai maksimum Gumbel adalah fungsi sebaran kemungkinan yang berbentuk sebaran eksponen ganda dengan bentuk persamaan yaitu:

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right] \text{ untuk } -\infty \leq x \leq \infty \quad \dots \dots (3.61)$$

Parameter  $\alpha$  dan  $u$  dihitung menggunakan persamaan:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s \quad \dots \dots (3.62)$$

$$u = \bar{x} - 0.5772\alpha \quad \dots \dots (3.63)$$

dimana  $u$  adalah macam dari sebaran, parameter  $y$  (reduced variate) ditentukan sebagai:

$$y = \frac{x-u}{\alpha} \quad \dots \dots (3.64)$$

Persamaan (3.64) ini di gantikan kedalam persamaan (3.61) sehingga dihasilkan:

$$F(x) = \exp[-\exp(1-y)] \quad \dots \dots (3.65)$$

Penyelesaian untuk  $y$ :

$$y = -\ln\left[\ln\left(\frac{1}{F(x)}\right)\right] \quad \dots \dots (3.66)$$

Karena,  $p=1/T_r$ , maka:

$$\begin{aligned}\frac{1}{T} &= P(x \geq x_T) \\ &= 1 - P(x < x_T) \\ &= 1 - F(x_T)\end{aligned}$$

Maka di dapatkan:

$$F(x_T) = \frac{T-1}{T}$$

Persamaan ini dimasukkan kedalam persamaan (3.66), yang menghasilkan:

$$y_T = -\ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right] \quad \dots \dots (3.67)$$

Dari persamaan (3.60) dapat dibuat persamaan berbentuk hubungan  $x_T$  dengan  $y_T$  yang merupakan bentuk sebaran dari nilai maksimum Gumbel, yaitu:

$$x_T = u + \alpha y_T \quad \dots \dots (3.68)$$

### 3.11.6 Metode Melchior

Menurut Melchior, koefisien di Pulau Jawa berkisar antara 0,42; 0,52 dan 0,62, tergantung pada kemiringan tanah, vegetasi, keadaan tanah, temperatur, angin, penguapan dan lama hujan yang bersangkutan. Untuk perhitungan debit banjir Melchior menganjurkan koefisien aliran = 0,52.

Koefisien reduksi ( $\beta$ ) adalah perbandingan antara hujan rata-rata dan hujan maksimum yang terjadi disuatu DAS pada waktu yang sama, dan dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1991):

$$F = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720\beta \quad \dots \dots (3.69)$$

Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus :

$$t_c = \frac{10L}{36V} \quad \dots \dots (3.70)$$

$$V = 1,31.(Q.i^2)^{0,20} \quad \dots \dots (3.71)$$

$$i = \frac{h}{0,9L} \quad \dots \dots (3.72)$$

dimana:  $T_c$  adalah Waktu konsentrasi (jam),  $L$  adalah panjang sungai (km),  $V$  adalah Kecepatan aliran rata-rata (m/det),  $h$  adalah beda tinggi sungai antara mulut DAS dan 0,9  $L$  kearah hulu,  $F$  adalah luas elips yang mengelilingi DAS, sumbu panjang tidak lebih 1,5 kali sumbu pendek ( $\text{km}^2$ ),  $q$  adalah curah hujan maksimum ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{km}^2$ ).

### 3.11.7 Metode Mononobo

Rumus ini banyak digunakan untuk daerah aliran sungai yang relatif sempit, dan sampai saat ini termasuk rumus yang cukup tua (Sudjarwadi,1997). Bentuk umum rumus Mononobo ini adalah

$$Q = \frac{1}{36} C.I.A \quad \dots \dots (3.73)$$

dimana :  $Q$  adalah debit banjir ( $\text{m}^3/\text{det}$ ),  $C$  adalah Koefisien limpasan,  $I$  adalah intensitas hujan dengan kala ulang  $T$  ( $\text{mm}/\text{jam}$ ),  $A$  adalah luas daerah aliran ( $\text{km}^2$ ).

Besarnya koefisien limpasan ( $C$ ), tergantung pada faktor daerah aliran sungai seperti jenis tanah, kemiringan, keadaan vegetasi dan lain sebagainya.

Intensitas hujan ( $I$ ) selama waktu konsentrasi dihitung dengan rumus (Sudjarwadi,1997):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (\text{mm}/\text{jam}) \quad \dots \dots (3.74)$$

Waktu yang dibutuhkan oleh partikel air hujan jatuh dari titik terjauh hujan jatuh sampai pada titik pengamatan banjir disebut dengan waktu konsentrasi ( $t_c$ ), dihitung dengan rumus (Sudjarwadi,1997):

$$t = \frac{L}{V} \text{ (jam)} \quad \dots \dots (3.75)$$

dimana : L adalah panjang sungai, V adalah kecepatan perambatan banjir (km/jam)

Kecepatan aliran

$$V = 72.(i)^{0,6} \text{ (km/jam)} \quad \dots \dots (3.76)$$

dimana : H adalah neda tinggi antara ujung sungai dengan daerah yang ditinjau (km).

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Umum

Untuk menunjang penelitian ini diperlukan data yang akurat. Langkah-langkah dasar untuk memperoleh data dengan mengadakan studi secara rinci, sebagai berikut:

1. Mencari data sekunder hujan dari Balai Sumber Daya Air Propinsi DIY.
2. Mencari data tata guna lahan sekitar sungai Klanduan dengan batas-batas yang sudah ditentukan.
3. Menganalisis data yang sudah diperoleh dengan metode GIS (Geographic Information System).

#### 4.2 Langkah Pengumpulan Data

1. Studi literatur atau pustaka

Langkah ini berkaitan dengan segala hal permasalahan yang akan dibahas, baik berupa buku literatur, laporan ilmiah, majalah jurnal dan lain-lain.

2. Pengumpulan Data

Pelaksanaan pengumpulan data terdiri dari dua macam meliputi data primer dan data sekunder.

- a. Data primer di lapangan berkaitan dengan tata guna lahan pada daerah Kampus Terpadu dan lingkungan sekitarnya yang masih ada di sekitar sungai Klanduan.

- b. Data Sekunder didapat dari Balai Sumber Daya Air Propinsi DIY. Adapun data-data tersebut meliputi:
  - 1. Data curah hujan tiap jam yang terjadi antara tahun 1996, 1998, 1999, dan 2000.
  - 2. Data kontur daerah Kaliurang, untuk mengetahui tinggi elevasi hulu dan hilir sungai klanduan yang akan diteliti.
- c. Data peta yang diambil dari BPN (Badan Pertanahan Nasional).
  - 1. Data sungai klanduan tahun 1989 dan peta sungai klanduan tahun 2003.
  - 2. Peta daerah aliran sungai (DAS) yang kita teliti.

#### **4.3 Uji kesahihan Data**

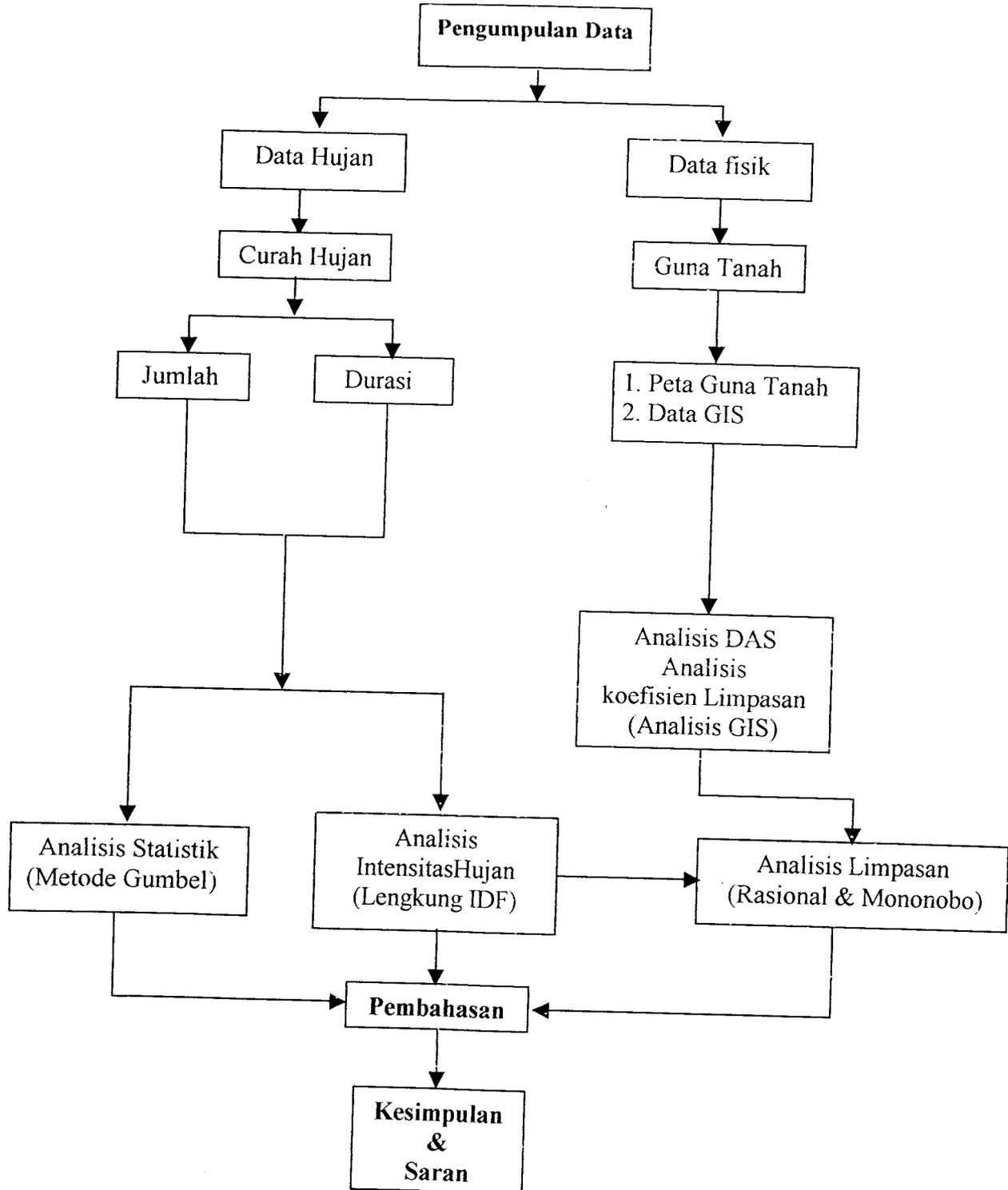
Data curah hujan yang dipakai diambil dari stasiun pengamatan curah hujan terdekat dengan Sungai Klanduan yaitu Stasiun Kempud yang terletak di desa Hargobinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, DIY. Stasiun Angin-angin dan Stasiun Pakem. Akan tetapi karena data curah hujan pada Stasiun Angin-angin dan Stasiun Pakem banyak mengalami kerusakan disebabkan oleh rusaknya alat pencatat hujan dan habisnya kertas pencatat hujan sehingga banyak data yang hilang pada Stasiun tersebut. Oleh karena itu data curah hujan di Stasiun Angin-angin dan Stasiun Pakem dinilai tidak dapat digunakan pada penelitian ini. Maka data curah hujan diambil pada satu stasiun saja. Dan dinyatakan sah stasiun ini berjarak atau berada dalam kawasan DAS. Data curah hujan yang dipakai dari stasiun Kempud dalam penelitian ini adalah data curah hujan pada tahun 1996, 1998, 1999 dan 2000.

#### **4.4 Pengisian Data Intensitas Hujan yang Hilang**

Dikarenakan data intensitas curah hujan yang diambil dari Stasiun Kemput tidak ada satupun yang tidak lengkap. Maka pengisian data intensitas hujan yang hilang tidak diperlukan.

#### 4.5 Proses Penelitian

Proses penelitian disampaikan melalui gambar seperti di bawah ini :



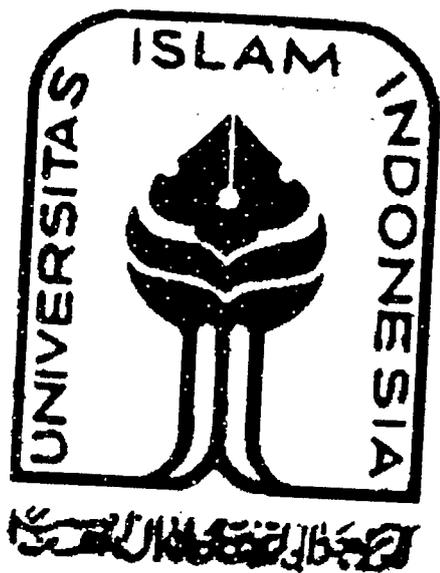
Gambar 4.1 Proses penelitian

#### 4.6 Tempat dan data yang dibutuhkan

Daerah penelitian adalah Sungai Klanduan yang terletak di kawasan Kampus Terpadu UII, Kelurahan Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Propinsi DIY. Yang mana sungai ini terletak di antara Sub DAS Sungai Boyong di bagian hulu dan Sub DAS Sungai Gajah Wong di hilir. Penentuan batas wilayah penelitian berdasarkan batas-batas yang sudah ditentukan.

Data yang dibutuhkan sebagai *input* model RASIONAL adalah :

1. Data hujan dalam menit.
2. Peta topografi
3. Peta tata guna lahan
4. Peta pola sungai



## BAB V

### ANALISIS

#### 5.1 Intensitas Curah Hujan (I)

Data hujan dalam jangka waktu pendek untuk analisis curah hujan diperoleh dari satu stasiun hujan yaitu Stasiun Kempud yang letaknya di Utara pasar Pakem. Stasiun Kempud memiliki data hujan dari tahun 1992–2003. Dari semua data hujan yang ada diperoleh empat data hujan yang paling sempurna yaitu tahun 1996,1998,1999, dan2000. Sedangkan data hujan yang lainnya tidak memenuhi syarat dikarenakan banyak pencatatan data curah hujan yang tidak ada nilainya.

Dari pencatatan Stasiun Curah Hujan Kempud didapatkan data hujan maksimum 1 jam,2 jam,3 jam,4 jam dan 6 jaman yang dirubah menjadi menitan yaitu 60,120,180,240, dan 360 menitan sebagai berikut :

Tabel 5.1 Intensitas Curah Hujan (mm/jam) Jangka Pendek di Stasiun Kempud Jogjakarta

| Tahun | Intensitas Hujan(mm/jam) |      |      |      |      |
|-------|--------------------------|------|------|------|------|
|       | 60                       | 120  | 180  | 240  | 360  |
| 1996  | 83,5                     | 83,5 | 87,5 | 87,5 | 87,8 |
| 1998  | 50                       | 55   | 70,5 | 70,5 | 70,5 |
| 1999  | 49,5                     | 49,5 | 49,5 | 50   | 50   |
| 2000  | 50                       | 100  | 100  | 100  | 100  |

Menentukan besarnya curah hujan yaitu dari perkalian antara kedalaman curah hujan (tabel 5.1) dengan 60 menit dibagi durasi hujan yang bersangkutan. sebagai contoh intensitas hujan untuk curah hujan 60 menit adalah besarnya curah hujan selama 60 menit dikalikan 60/60. Demikian pula untuk curah hujan 120 menit dikalikan dengan

60/120. Setelah data Kedalaman Curah Hujan Jangka Pendek di Stasiun Kemptu Yogyakarta dihitung dengan pembagi 1,2,3,4,dan 6 jaman maka didapatkan nilai intensitas curah hujan sebagai berikut:

Tabel 5.2 Intensitas Curah Hujan (mm/jam) di Stasiun Kemptu Jogjakarta

| Tahun | Intensitas Hujan(mm/jam) |       |        |        |        |
|-------|--------------------------|-------|--------|--------|--------|
|       | 60                       | 120   | 180    | 240    | 360    |
| 1996  | 83,5                     | 41,75 | 29,167 | 21,875 | 14,633 |
| 1998  | 50                       | 27,5  | 23,500 | 17,625 | 11,750 |
| 1999  | 49,5                     | 24,75 | 16,500 | 12,500 | 8,333  |
| 2000  | 50                       | 50    | 33,333 | 25,000 | 16,667 |

Tabel 5.3 Standar deviasi Stasiun Kemptu Jogjakarta

| Lamanya Hujan<br>t (menit) | Jumlah<br>data | Nilai<br>Minimum | Nilai<br>Maksimum | ( $\bar{X}$ ) | (S)    |
|----------------------------|----------------|------------------|-------------------|---------------|--------|
| 60                         | 4              | 49,5             | 83,5              | 58,25         | 16,835 |
| 120                        | 4              | 49,5             | 100               | 72            | 23,885 |
| 180                        | 4              | 49,5             | 100               | 76,875        | 21,891 |
| 240                        | 4              | 50               | 100               | 77            | 21,683 |
| 360                        | 4              | 50               | 100               | 77            | 21,683 |

(S=keluaran SPSS versi 5,sav)

### 5.1.1 Menghitung Intensitas Hujan 60 menitan

1. Dengan metode SPSS Didapat standar deviasi = 16,835
2. Menghitung nilai  $\alpha$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} 16,835 = 13,133$$

3. Menghitung rata-rata curah hujan 60 menitan

$$\bar{X} = \left( \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{N} \right)$$

$$\bar{X} = \frac{(83,5 + 50 + 49,5 + 50)}{4} = 58,25 \text{ mm / jam}$$

## 4. Menghitung jenis-jenis sebaran

$$U = \bar{X} - 0,5772\alpha$$

$$U = 58,25 - 0,5772 \times 13,133 = 50,670$$

5. Menghitung intensitas hujan periode ulang t tahun ( $Y_t$ )

Untuk menghitung intensitas hujan periode ulang t tahun digunakan rumus:

$$Y_t = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Bagi periode ulang 2 tahun, t untuk 2 tahun diperoleh dari :

$$Y_{t=2} = -\ln (\ln 2) = \underline{0,367}$$

Untuk periode ulang lamanya didapat ;

$$t = 5 ; Y_{t=5} = 1,500$$

$$t = 10 ; Y_{t=10} = 2,250$$

$$t = 20 ; Y_{t=20} = 2,970$$

$$t = 50 ; Y_{t=50} = 3,902$$

$$t = 100 ; Y_{t=100} = 4,600$$

6. Menghitung Intensitas hujan dengan periode ulang t tahun ( $X_T$ )

$$X_T = U + \alpha.Y_t$$

$$X_{T=2} = 50,670 + (13,133 \times \underline{0,367}) = 55,483 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=5} = 50,670 + (13,133 \times \underline{1,500}) = 70,368 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=10} = 50,670 + (13,133 \times \underline{2,250}) = 80,223 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=20} = 50,670 + (13,133 \times \underline{2,970}) = 89,677 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=50} = 50,670 + (13,133 \times 3,902) = 101,913 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=100} = 50,670 + (13,133 \times 4,600) = 111,083 \text{ mm/jam}$$

### 5.1.2 Menghitung Intensitas Hujan 120,180,240,360 menitan

Dengan melakukan perhitungan cara yang sama sesuai poin (5.1.1) maka akan di dapatkan nilai standar deviasi (S), koefisien pengembangan udara ( $\alpha$ ), rata-rata curah hujan ( $\bar{X}$ ), jenis-jenis sebaran (U), Intensitas hujan periode ulang t tahun ( $y_t$ ), Intensitas hujan dengan periode ulang t tahun ( $X_T$ ). Hasil perhitungan Intensitas Hujan 120, 180, 240,360 menitan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

Intensitas curah hujan untuk berbagai durasi dan periode ulang ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 5.4 Harga-Harga Intensitas Curah Hujan Untuk Berbagai Durasi Dan Periode Ulang

| Untuk Periode Curah Hujan 60 menit  |           |        |       |          |        |     |             |
|-------------------------------------|-----------|--------|-------|----------|--------|-----|-------------|
| Periode ulang (Tahun)               | $\bar{X}$ | S      | $Y_t$ | $\alpha$ | U      | t   | $X_T$ 1 jam |
|                                     | 58,25     | 16,835 |       |          |        | 60  |             |
| 2                                   |           |        | 0,367 | 13,133   | 50,670 |     | 55,483      |
| 5                                   |           |        | 0,500 | 13,133   | 50,670 |     | 70,368      |
| 10                                  |           |        | 2,250 | 13,133   | 50,670 |     | 80,223      |
| 20                                  |           |        | 2,970 | 13,133   | 50,670 |     | 89,677      |
| 50                                  |           |        | 3,902 | 13,133   | 50,670 |     | 101,913     |
| 100                                 |           |        | 4,600 | 13,133   | 50,670 |     | 111,083     |
| Untuk Periode Curah Hujan 120 menit |           |        |       |          |        |     |             |
| Periode ulang (Tahun)               | $\bar{X}$ | S      | $Y_t$ | $\alpha$ | U      | t   | $X_T$ 2 jam |
|                                     | 36,000    | 23,885 |       |          |        | 120 |             |
| 2                                   |           |        | 0,367 | 18,633   | 25,245 |     | 32.074      |
| 5                                   |           |        | 0,500 | 18,633   | 25,245 |     | 53.193      |
| 10                                  |           |        | 2,250 | 18,633   | 25,245 |     | 67.175      |
| 20                                  |           |        | 2,970 | 18,633   | 25,245 |     | 80.588      |
| 50                                  |           |        | 3,902 | 18,633   | 25,245 |     | 97.949      |
| 100                                 |           |        | 4,600 | 18,633   | 25,245 |     | 110.958     |
| Untuk Periode Curah Hujan 180 menit |           |        |       |          |        |     |             |
| Periode ulang (Tahun)               | $\bar{X}$ | S      | $Y_t$ | $\alpha$ | U      | t   | $X_T$ 3 jam |
|                                     | 25,625    | 21,891 |       |          |        | 180 |             |
| 2                                   |           |        | 0,367 | 17,077   | 15,768 |     | 22,027      |
| 5                                   |           |        | 0,500 | 17,077   | 15,768 |     | 41,383      |
| 10                                  |           |        | 2,250 | 17,077   | 15,768 |     | 54,198      |
| 20                                  |           |        | 2,970 | 17,077   | 15,768 |     | 66,491      |
| 50                                  |           |        | 3,902 | 17,077   | 15,768 |     | 82,402      |
| 100                                 |           |        | 4,600 | 17,077   | 15,768 |     | 94,326      |
| Untuk Periode Curah Hujan 240 menit |           |        |       |          |        |     |             |
| Periode ulang (Tahun)               | $\bar{X}$ | S      | $Y_t$ | $\alpha$ | U      | t   | $X_T$ 4 jam |
|                                     | 19,250    | 21,683 |       |          |        | 240 |             |
| 2                                   |           |        | 0,367 | 16,915   | 9,487  |     | 15,685      |
| 5                                   |           |        | 0,500 | 16,915   | 9,487  |     | 34,858      |
| 10                                  |           |        | 2,250 | 16,915   | 9,487  |     | 47,552      |
| 20                                  |           |        | 2,970 | 16,915   | 9,487  |     | 59,728      |
| 50                                  |           |        | 3,902 | 16,915   | 9,487  |     | 75,488      |
| 100                                 |           |        | 4,600 | 16,915   | 9,487  |     | 87,298      |
| Untuk Periode Curah Hujan 360 menit |           |        |       |          |        |     |             |
| Periode ulang (Tahun)               | $\bar{X}$ | S      | $Y_t$ | $\alpha$ | U      | t   | $X_T$ 6 jam |
|                                     | 12,846    | 21,732 |       |          |        | 360 |             |
| 2                                   |           |        | 0,367 | 16,953   | 3,060  |     | 9,274       |
| 5                                   |           |        | 0,500 | 16,953   | 3,060  |     | 28,489      |
| 10                                  |           |        | 2,250 | 16,953   | 3,060  |     | 41,211      |
| 20                                  |           |        | 2,970 | 16,953   | 3,060  |     | 53,415      |
| 50                                  |           |        | 3,902 | 16,953   | 3,060  |     | 69,211      |
| 100                                 |           |        | 4,600 | 16,953   | 3,060  |     | 81,047      |

### **5.1.3 Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang 2 Tahunan**

Untuk Menghitung intensitas curah hujan periode ulang 2 tahunan nilai intensitas hujan ( $I$ ) yang dipakai adalah data intensitas curah hujan dengan periode ulang 2 tahunan ( $Y_r=2$  tahun).

Tabel 5.5 Perhitungan Parameter Intensitas Hujan periode Ulang 2 Tahunan

| I             | II  | III     | IV             | V              | VI             | VII    | VIII  | IX          | X                    | XI     | XII       | XIII                  |
|---------------|-----|---------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|-------------|----------------------|--------|-----------|-----------------------|
| No            | t   | I       | I <sup>2</sup> | I <sup>3</sup> | I <sup>4</sup> | log t  | log I | log I.log t | (log I) <sup>2</sup> | akar t | I. akar t | I <sup>2</sup> akar t |
| 1             | 60  | 55,483  | 3328,985       | 3078,372       | 184702,331     | 1,778  | 1,744 | 3,101       | 3,162                | 7,746  | 429,770   | 23844,968             |
| 2             | 120 | 32,074  | 3848,922       | 1028,764       | 123451,662     | 2,079  | 1,506 | 3,132       | 4,323                | 10,954 | 351,357   | 11269,543             |
| 3             | 180 | 22,027  | 3964,868       | 485,191        | 87334,343      | 2,255  | 1,343 | 3,029       | 5,086                | 13,416 | 295,524   | 6509,518              |
| 4             | 240 | 15,636  | 3764,695       | 246,058        | 59053,867      | 2,380  | 1,196 | 2,846       | 5,665                | 15,492 | 243,010   | 3811,911              |
| 5             | 360 | 9,274   | 3338,650       | 86,008         | 30962,729      | 2,556  | 0,967 | 2,473       | 6,535                | 18,974 | 175,962   | 1631,879              |
| <b>Jumlah</b> |     | 134,545 | 18246,120      | 4924,392       | 485504,933     | 11,049 | 6,756 | 14,580      | 24,771               |        | 1495,623  | 47067,819             |

Intensitas hujan diperkirakan dengan menggunakan persamaan Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953).

### 5.1.3.1 Perhitungan Kesesuaian Rumus Inteusitas

#### 1. Jenis I menggunakan Rumus Thalbot (1881)

$$a = \frac{[I][I^2] - [I^2t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[18246,120][4924,392] - [485504,933][134,545]}{5[4924,392] - [134,545][134,545]} = 3762,291$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[134,545][18246,120] - 5[485504,933]}{5[34074924,392] - [134,545][134,545]} = 4,202$$

$$I = \frac{a}{t + b}$$

Untuk  $t$  pada tahun 1989  $t = 52,2$ ;  $I = \frac{3762,291}{52,2 + (4,202)} = 66,705$  mm/jam

Untuk  $t$  pada tahun 2003  $t = 56,28$ ;  $I = \frac{3762,291}{56,28 + (4,202)} = 62,205$  mm/jam

Untuk  $t = 60$ ;  $I = \frac{3762,291}{60 + (4,202)} = 58,601$  mm/jam

Untuk  $t = 120$ ;  $I = \frac{3762,291}{120 + (4,202)} = 30,292$  mm/jam

Untuk  $t = 180$ ;  $I = \frac{3762,291}{180 + (4,202)} = 20,425$  mm/jam

Untuk  $t = 240$ ;  $I = \frac{3762,291}{240 + (4,202)} = 15,406$  mm/jam

Untuk  $t = 360$ ;  $I = \frac{3762,291}{360 + (4,202)} = 10,330$  mm/jam

## 2. Jenis II menggunakan Sherman (1905)

$$\log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$\log a = \frac{[6,756][24,771] - [14,580][11,049]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 3,531$$

$$a = 3396,253$$

$$k = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$k = \frac{[6,756][11,049] - 5[14,580]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 0,987$$

$$I = \frac{a}{t^k}$$

$$\text{Untuk } t_{=60}; I = \frac{3396,253}{60^{0,987}} = 59,799 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t_{=120}; I = \frac{3396,253}{120^{0,987}} = 30,179 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t_{=180}; I = \frac{3396,253}{180^{0,987}} = 20,229 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t_{=240}; I = \frac{3396,253}{240^{0,987}} = 15,230 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t_{=360}; I = \frac{3396,253}{360^{0,987}} = 10,209 \text{ mm/jam}$$

## 3. Jenis III menggunakan Rumus Ishiguro (1953)

$$a = \frac{[I\sqrt{I}][I^2] - [I^2\sqrt{I}][I^2]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[1495,623][4924,392] - [47067,819][4924,392]}{5[4924,392] - [134,545][134,545]} = 158,337$$

$$b = \frac{[I]I\sqrt{t} - [I\sqrt{t}]N}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[134,545][1495,623] - [1495,623]5}{5[4924,392] - [134,545][134,545]} = -5,232$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

$$\text{Untuk } t_{=60}; I = \frac{158,337}{\sqrt{60} + (-5,232)} = 62,983 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t_{=120}; I = \frac{158,337}{\sqrt{120} + (-5,232)} = 27,669 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t_{=180}; I = \frac{158,337}{\sqrt{180} + (-5,232)} = 19,346 \text{ mm/jam}$$

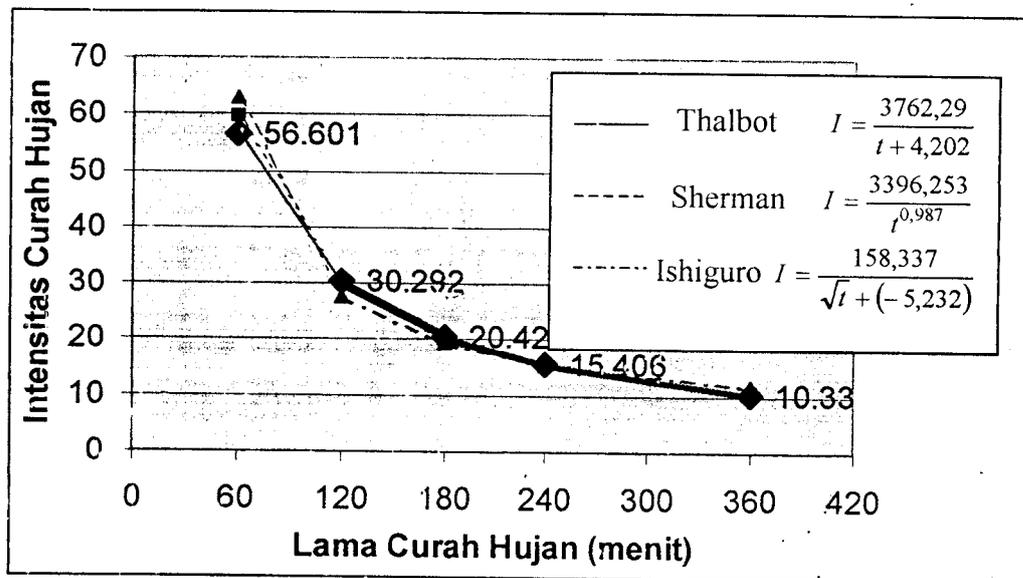
$$\text{Untuk } t_{=240}; I = \frac{158,337}{\sqrt{240} + (-5,232)} = 15,433 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t_{=360}; I = \frac{158,337}{\sqrt{360} + (-5,232)} = 11,522 \text{ mm/jam}$$

Tabel 5.6 Perbandingan Kecocokan Rumus-Rumus Intensitas Hujan

| No              | t   | I      | Thalbot |          | Sherman |          | Ishiguro |          |
|-----------------|-----|--------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
|                 |     |        | I       | $\alpha$ | I       | $\alpha$ | I        | $\alpha$ |
| 1               | 60  | 55,483 | 58,601  | 3,118    | 59,799  | 4,316    | 62,983   | 4,382    |
| 2               | 120 | 32,074 | 30,292  | -1,783   | 30,179  | -1,896   | 27,669   | -2,622   |
| 3               | 180 | 22,027 | 20,425  | -1,602   | 20,229  | -1,798   | 19,346   | -1,079   |
| 4               | 240 | 15,686 | 15,406  | -0,280   | 15,230  | -0,456   | 15,433   | 0,026    |
| 5               | 360 | 9,274  | 10,330  | 1,056    | 10,209  | 0,935    | 11,522   | 1,192    |
| $\sum  \alpha $ |     |        |         | 7,839    |         | 9,401    |          | 9,301    |
| $M(s)$          |     |        |         | 1,568    |         | 1,880    |          | 1,860    |

Karena deviasi rata-rata ( $M(s)$ ) dari tabel 5.6 perbandingan kecocokan rumus-rumus intensitas hujan untuk periode ulang 2 tahunan yang paling terkecil adalah jenis I (Thalbot 1881), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis I (Thalbot 1881).



Grafik 5.1 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 2 Tahun

#### 5.1.4 Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang 5 Tahunan

Untuk Menghitung jenis intensitas curah hujan periode ulang 5 tahunan nilai intensitas hujan ( $I$ ) yang dipakai adalah data intensitas curah hujan dengan periode ulang 5 tahunan ( $Y_t = 5$  tahun).

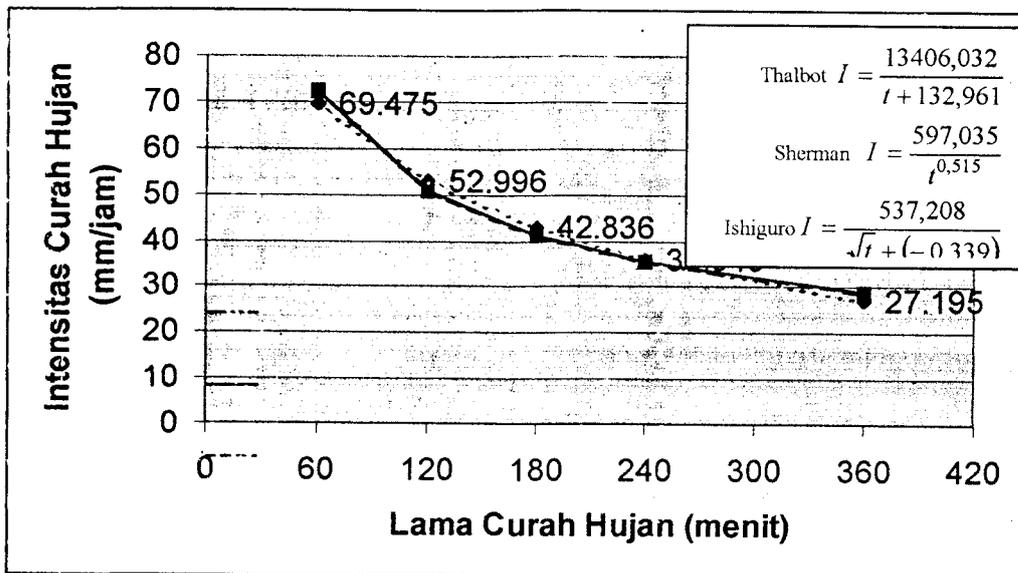
Tabel 5.7 Perhitungan Parameter Intensitas Hujan periode Ulang 5 Tahunan

| I             | II  | III            | IV               | V                | VI                 | VII           | VIII         | IX            | X                    | XI     | XII             | XIII              |
|---------------|-----|----------------|------------------|------------------|--------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|--------|-----------------|-------------------|
| No            | t   | I              | It               | I <sup>2</sup>   | It <sup>2</sup>    | log t         | log I        | log I,log t   | (log t) <sup>2</sup> | akar t | I. akar t       | i2akar t          |
| 1             | 60  | 70,368         | 4222,092         | 4951,683         | 297100,990         | 1,778         | 1,847        | 3,285         | 3,162                | 7,746  | 545,070         | 38355,573         |
| 2             | 120 | 53,193         | 6383,167         | 2829,501         | 339540,178         | 2,079         | 1,726        | 3,588         | 4,323                | 10,954 | 582,701         | 30995,636         |
| 3             | 180 | 41,383         | 7448,913         | 1712,540         | 308257,237         | 2,255         | 1,617        | 3,646         | 5,086                | 13,416 | 555,209         | 22976,138         |
| 4             | 240 | 34,858         | 8365,954         | 1215,090         | 291621,632         | 2,380         | 1,542        | 3,671         | 5,665                | 15,492 | 540,020         | 18824,095         |
| 5             | 360 | 28,489         | 10256,100        | 811,633          | 292187,750         | 2,556         | 1,455        | 3,719         | 6,535                | 18,974 | 540,544         | 15399,647         |
| <b>Jumlah</b> |     | <b>228,291</b> | <b>36676,226</b> | <b>11520,448</b> | <b>1528707,787</b> | <b>11,049</b> | <b>8,187</b> | <b>17,909</b> | <b>24,771</b>        |        | <b>2763,544</b> | <b>126551,088</b> |

Intensitas hujan diperkirakan dengan menggunakan persamaan Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953).

#### **5.1.4.1 Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas**

Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas dilakukan dengan rumus Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953) yang langkah pekerjaannya sama dengan poin (5.1.3.1). Yang kemudian didapatkan hasil perbandingan Intensitas Hujan dari ke tiga rumus yang digunakan untuk menghitung tersebut. Perbandingan kecocokan rumus-rumus intensitas hujan untuk kala ulang 5 tahunan yang paling terkecil adalah jenis I (Thalbot 1881), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis I (Thalbot 1881). Hasil perhitungan ke tiga rumus tersebut dapat dilihat pada lampiran 2. Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 5 Tahun di sajikan dalam grafik 5.2



Grafik 5.2 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 5 Tahun

### 5.1.5 Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahunan

Untuk Menghitung jenis intensitas curah hujan periode ulang 10 tahunan nilai intensitas hujan (I) yang dipakai adalah data intensitas curah hujan dengan periode ulang 10 tahunan ( $Y_1 = 10$  tahun).

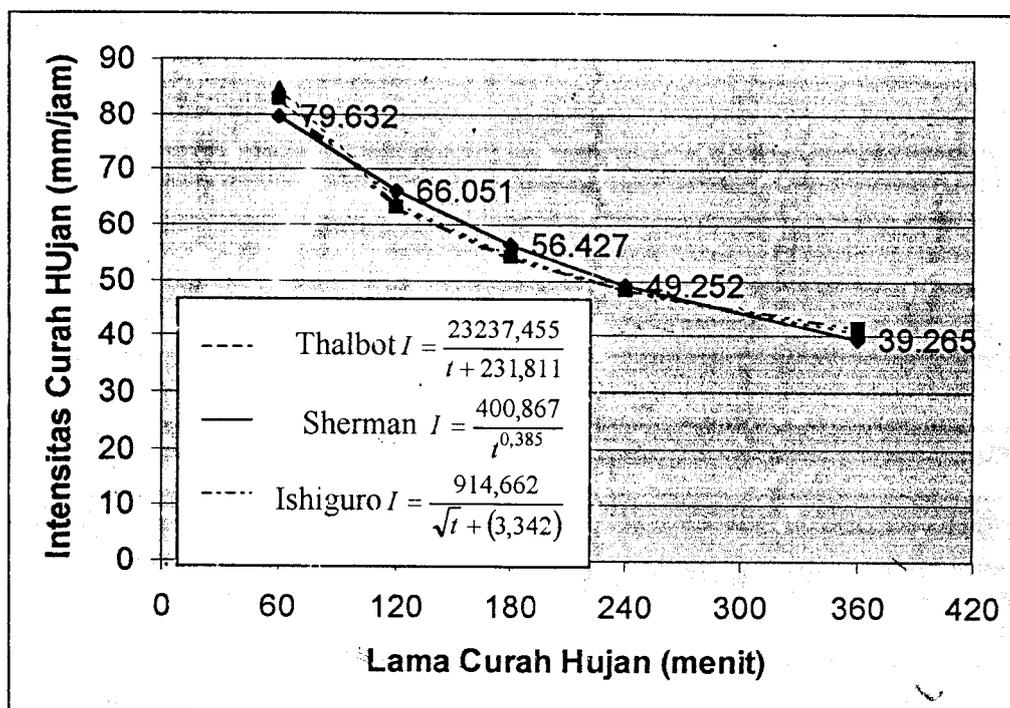
Tabel 5.8 Perhitungan Parameter Intensitas Hujan periode Ulang 10 Tahunan

| I             | II  | III     | IV        | V              | VI              | VII    | VIII  | IX          | X                    | XI     | XII       | XIII                  |
|---------------|-----|---------|-----------|----------------|-----------------|--------|-------|-------------|----------------------|--------|-----------|-----------------------|
| No            | t   | I       | It        | I <sup>2</sup> | It <sup>2</sup> | log t  | log I | log I.log t | (log t) <sup>2</sup> | akar t | I. akar t | I <sup>2</sup> akar t |
| 1             | 60  | 80,223  | 4813,406  | 6435,800       | 385148,016      | 1,778  | 1,904 | 3,386       | 3,162                | 7,746  | 621,408   | 49851,495             |
| 2             | 120 | 67,175  | 8061,058  | 4512,545       | 541505,446      | 2,079  | 1,827 | 3,799       | 4,323                | 10,954 | 735,871   | 49432,458             |
| 3             | 180 | 54,198  | 9755,653  | 2937,431       | 528737,630      | 2,255  | 1,734 | 3,911       | 5,086                | 13,416 | 727,143   | 39409,776             |
| 4             | 240 | 47,552  | 11412,388 | 2261,156       | 542677,538      | 2,380  | 1,677 | 3,992       | 5,665                | 15,492 | 736,667   | 35029,684             |
| 5             | 360 | 41,211  | 14836,054 | 1698,368       | 611412,509      | 2,556  | 1,615 | 4,128       | 6,535                | 18,974 | 781,929   | 32224,269             |
| <b>Jumlah</b> |     | 290,360 | 48878,560 | 17845,301      | 2610481,139     | 11,049 | 8,758 | 19,216      | 24,771               |        | 3603,017  | 205947,682            |

Intensitas hujan diperkirakan dengan menggunakan persamaan Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953).

### 5.1.5.1 Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas

Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas dilakukan dengan rumus Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953) yang langkah pekerjaannya sama dengan poin (5.1.3.1). Yang kemudian didapatkan hasil perbandingan Intensitas Hujan dari ke tiga rumus yang digunakan untuk menghitung tersebut. Perbandingan kecocokan rumus- rumus intensitas hujan untuk kala ulang 10 tahunan yang paling terkecil adalah jenis I (Thalbot 1881), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis I (Thalbot 1881). Hasil perhitungan ke tiga rumus tersebut dapat dilihat pada lampiran 3. Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 10 Tahun disajikan dalam grafik 5.3



Grafik 5.3 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 10 Tahun

### **5.1.6 Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang 20 Tahunan**

Untuk Menghitung jenis intensitas curah hujan periode ulang 20 tahunan nilai intensitas hujan ( $I$ ) yang dipakai adalah data intensitas curah hujan dengan periode ulang 20 tahunan ( $Y_t = 20$  tahun).

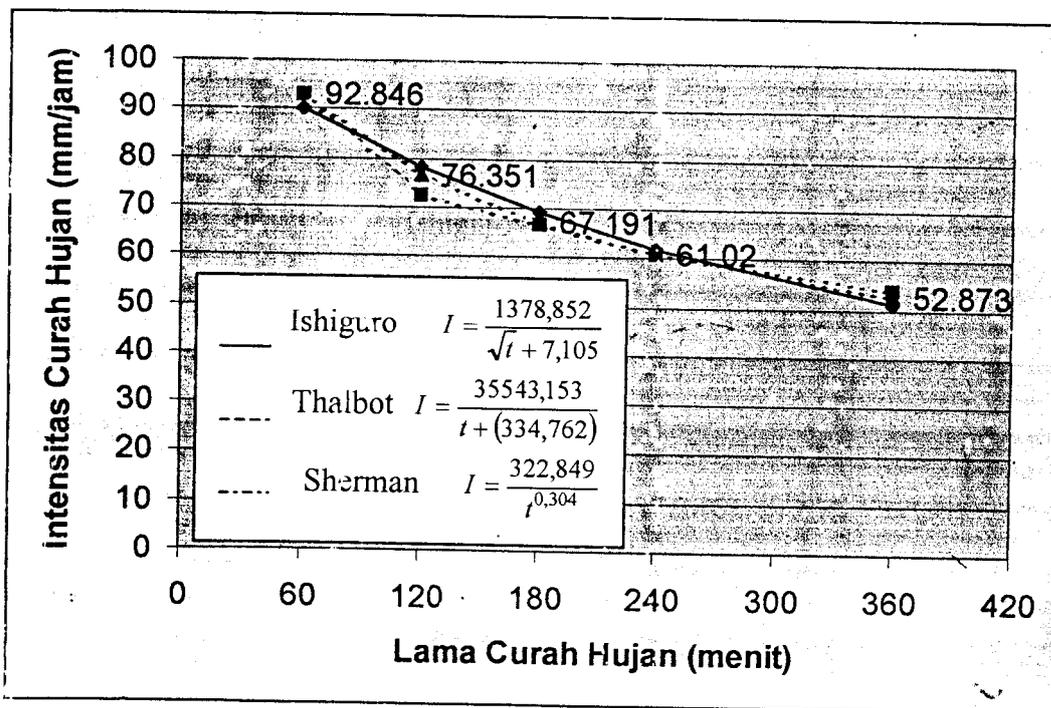
Tabel 5.9 Perhitungan Parameter Intensitas Hujan periode Ulang 20 Tahunan

| I             | II  | III            | IV               | V                | VI                 | VII           | VIII         | IX            | X                    | XI         | XII                | XIII              |
|---------------|-----|----------------|------------------|------------------|--------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|------------|--------------------|-------------------|
| No            | t   | I              | It               | I <sup>2</sup>   | I <sup>2</sup> t   | log t         | log I        | log I log t   | (log t) <sup>2</sup> | $\sqrt{t}$ | $I \cdot \sqrt{t}$ | $I^2 \sqrt{t}$    |
| 1             | 60  | 89,677         | 5380,609         | 8041,933         | 482515,976         | 1,778         | 1,953        | 3,472         | 3,162                | 7,746      | 694,634            | 62292,545         |
| 2             | 120 | 80,588         | 9670,531         | 6494,387         | 779326,414         | 2,079         | 1,906        | 3,963         | 4,323                | 10,954     | 882,795            | 71142,443         |
| 3             | 180 | 66,491         | 11968,334        | 4421,019         | 795783,482         | 2,255         | 1,823        | 4,111         | 5,086                | 13,416     | 892,067            | 59314,199         |
| 4             | 240 | 59,728         | 14334,601        | 3567,375         | 856169,955         | 2,380         | 1,776        | 4,228         | 5,665                | 15,492     | 925,295            | 55265,533         |
| 5             | 360 | 53,415         | 19229,256        | 2853,119         | 1027123,019        | 2,556         | 1,728        | 4,416         | 6,535                | 18,974     | 1013,471           | 54134,136         |
| <b>Jumlah</b> |     | <b>349,897</b> | <b>60583,332</b> | <b>25377,833</b> | <b>3940918,846</b> | <b>11,049</b> | <b>9,186</b> | <b>20,191</b> | <b>24,771</b>        |            | <b>4408,261</b>    | <b>302148,855</b> |

Intensitas hujan diperkirakan dengan menggunakan persamaan Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953).

### 5.1.6.1 Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas

Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas dilakukan dengan rumus Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953) yang langkah pekerjaannya sama dengan poin (5.1.3.1). Yang kemudian didapatkan hasil perbandingan Intensitas Hujan dari ke tiga rumus yang digunakan untuk menghitung tersebut. Perbandingan kecocokan rumus- rumus intensitas hujan untuk kala ulang 20 tahunan yang paling terkecil adalah jenis III (Ishiguro 1953), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis III (Ishiguro 1953). Hasil perhitungan ke tiga rumus tersebut dapat dilihat pada lampiran 4. Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 20 Tahun disajikan dalam grafik 5.4



Grafik 5.4 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 20 Tahun

### **5.1.7 Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang 50 Tahunan**

Untuk Menghitung jenis intensitas curah hujan kala ulang 50 tahunan nilai intensitas hujan ( $I$ ) yang dipakai adalah data intensitas curah hujan dengan kala ulang 50 tahunan ( $Y_t = 50$  tahun).

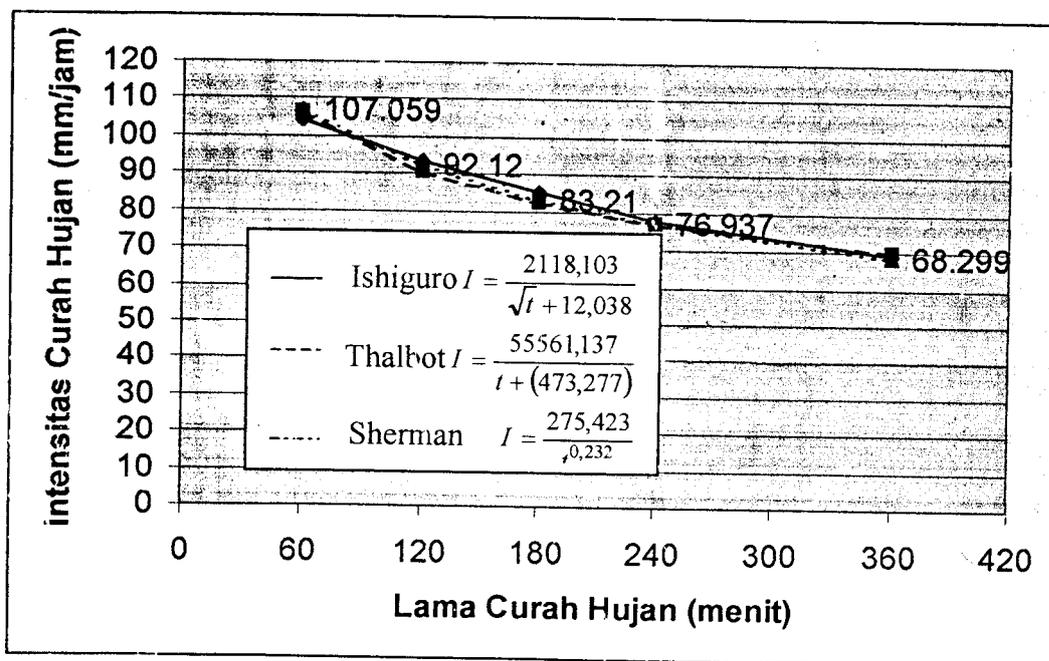
Tabel 5. 10 Perhitungan Parameter Intensitas Hujan periode Ulang 50 Tahunan

| I             | II  | III     | IV        | V              | VI               | VII    | VIII  | IX          | X                    | XI         | XII           | XIII                      |
|---------------|-----|---------|-----------|----------------|------------------|--------|-------|-------------|----------------------|------------|---------------|---------------------------|
| No            | t   | I       | It        | I <sup>2</sup> | I <sup>3</sup> t | log t  | log I | log I.log t | (log t) <sup>2</sup> | $\sqrt{t}$ | I. $\sqrt{t}$ | I <sup>2</sup> $\sqrt{t}$ |
| 1             | 60  | 101,913 | 6114,796  | 10386,313      | 623178,785       | 1,778  | 2,008 | 3,571       | 3,162                | 7,746      | 789,417       | 80452,035                 |
| 2             | 120 | 97,949  | 11753,829 | 9593,923       | 1151270,781      | 2,079  | 1,991 | 4,140       | 4,323                | 10,954     | 1072,973      | 105096,163                |
| 3             | 180 | 82,402  | 14832,423 | 6790,147       | 1222226,483      | 2,255  | 1,916 | 4,321       | 5,086                | 13,416     | 1105,544      | 91099,383                 |
| 4             | 240 | 75,488  | 18117,106 | 5698,429       | 1367623,000      | 2,380  | 1,878 | 4,470       | 5,665                | 15,492     | 1169,454      | 88279,685                 |
| 5             | 360 | 69,211  | 24915,805 | 4790,103       | 1724437,079      | 2,556  | 1,840 | 4,704       | 6,535                | 18,974     | 1313,178      | 90885,814                 |
| <b>Jumlah</b> |     | 426,963 | 75733,958 | 37258,916      | 6088736,127      | 11,049 | 9,633 | 21,205      | 24,771               |            | 5450,566      | 455813,080                |

Intensitas hujan diperkirakan dengan menggunakan persamaan Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953).

### 5.1.7.1 Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas

Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas dilakukan dengan rumus Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953) yang langkah pekerjaannya sama dengan poin (5.1.3.1). Yang kemudian didapatkan hasil perbandingan Intensitas Hujan dari ke tiga rumus yang digunakan untuk menghitung tersebut. Perbandingan kecocokan rumus– rumus intensitas hujan untuk kala ulang 50 tahunan yang paling terkecil adalah jenis III (Ishiguro 1953), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis III (Ishiguro 1953). Hasil perhitungan ke tiga rumus tersebut dapat dilihat pada lampiran 5. Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 50 Tahun di sajikan dalam grafik 5.5



Grafik 5.5 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 50 Tahun

### **5.1.8 Menghitung Jenis Intensitas Hujan Periode Ulang 100 Tahunan**

Untuk Menghitung jenis intensitas curah hujan kala ulang 100 tahunan nilai intensitas hujan ( $I$ ) yang dipakai adalah data intensitas curah hujan dengan kala ulang 100 tahunan ( $Y_t = 100$  tahun).

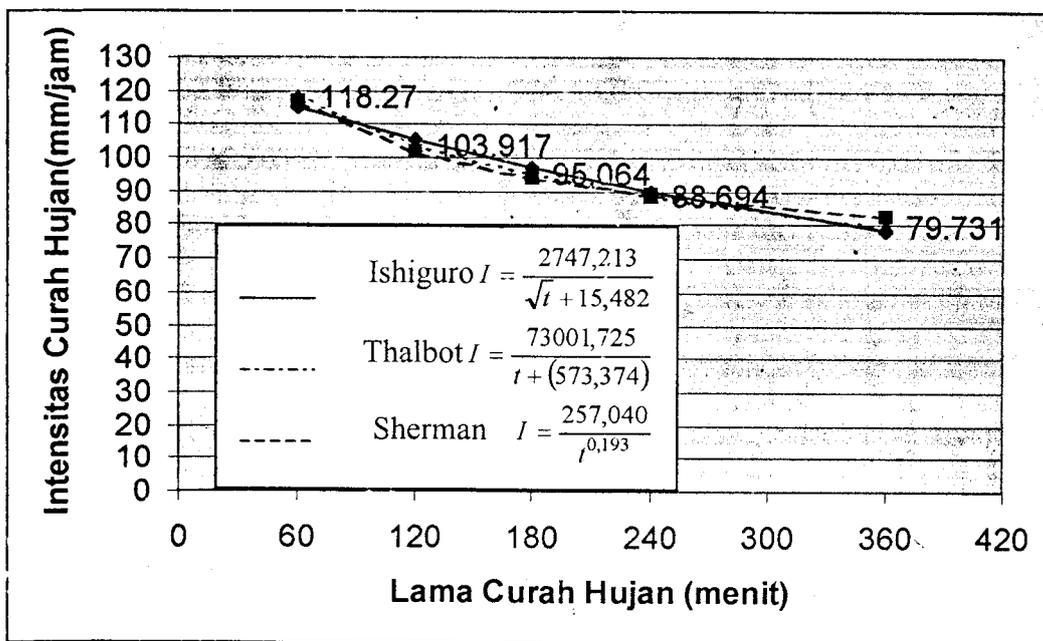
Tabel 5.11 Perhitungan Parameter Intensitas Hujan periode Ulang 100 Tahunan

| I             | II             | III              | IV               | V                  | VI               | VII          | VIII          | IX            | X                    | XI                | XII           | XIII                      |
|---------------|----------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|----------------------|-------------------|---------------|---------------------------|
| No            | t              | I                | It               | I <sup>2</sup>     | I <sup>3</sup> t | log t        | log I         | log I, log t  | (log t) <sup>2</sup> | $\sqrt{t}$        | I. $\sqrt{t}$ | I <sup>2</sup> $\sqrt{t}$ |
| 1             | 60             | 111,083          | 6664,965         | 12339,377          | 740362,649       | 1,778        | 2,046         | 3,637         | 3,162                | 7,746             | 860,443       | 95580,407                 |
| 2             | 120            | 110,958          | 13314,968        | 12311,692          | 147740,998       | 2,079        | 2,045         | 4,252         | 4,323                | 10,954            | 1215,485      | 134867,825                |
| 3             | 180            | 94,326           | 16978,654        | 8897,367           | 1601526,087      | 2,255        | 1,975         | 4,453         | 5,086                | 13,416            | 1265,514      | 119370,707                |
| 4             | 240            | 87,298           | 20951,561        | 7620,970           | 1829032,891      | 2,380        | 1,941         | 4,620         | 5,665                | 15,492            | 1352,417      | 118063,565                |
| 5             | 360            | 81,047           | 29177,074        | 6558,685           | 2364726,730      | 2,556        | 1,909         | 4,879         | 6,535                | 18,974            | 1537,767      | 124632,042                |
| <b>Jumlah</b> | <b>484,712</b> | <b>87087,221</b> | <b>47738,092</b> | <b>8013051,354</b> | <b>11,049</b>    | <b>9,915</b> | <b>21,842</b> | <b>24,771</b> | <b>6231,626</b>      | <b>592514,546</b> |               |                           |

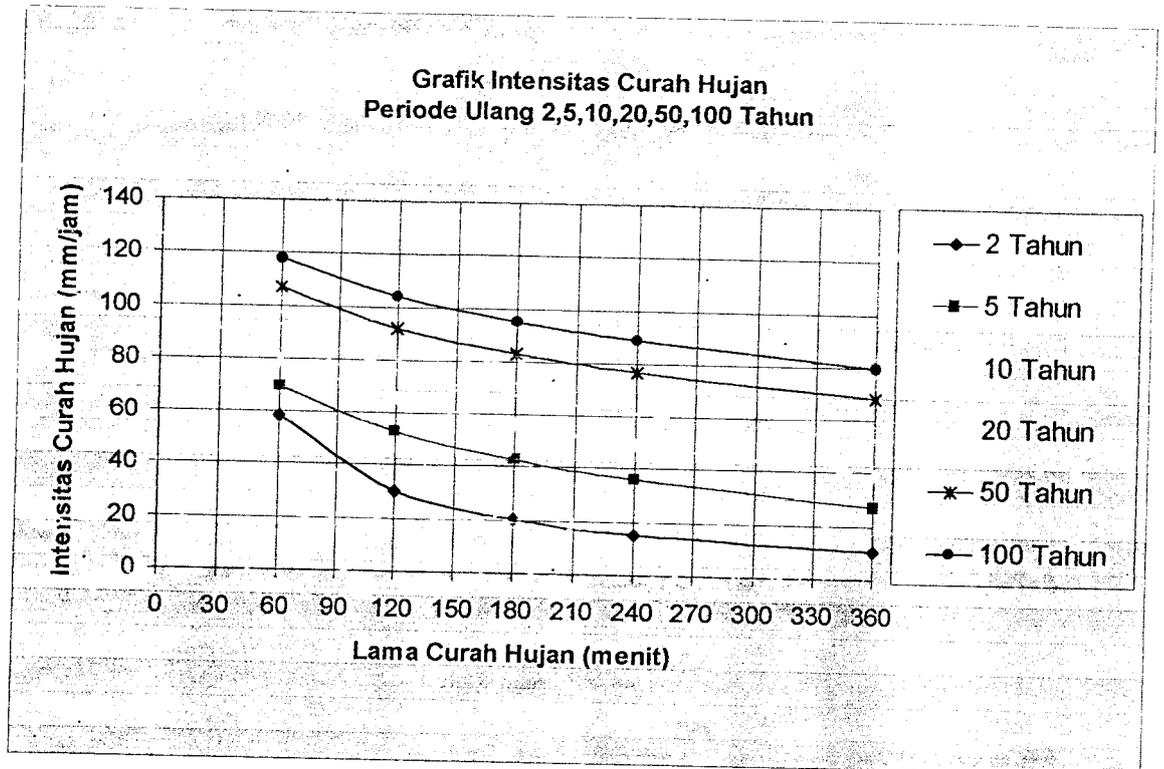
Intensitas hujan diperkirakan dengan menggunakan persamaan Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953).

### 5.1.8.1 Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas

Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas dilakukan dengan rumus Thalbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1953) yang langkah pekerjaannya sama dengan poin (5.1.3.1). Yang kemudian didapatkan hasil perbandingan Intensitas Hujan dari ke tiga rumus yang digunakan untuk menghitung tersebut. Perbandingan kecocokan rumus– rumus intensitas hujan untuk kala ulang 100 tahunan yang paling terkecil adalah jenis III (Ishiguro 1953), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis III (Ishiguro 1953). Hasil perhitungan ke tiga rumus tersebut dapat dilihat pada lampiran 6. Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 100 Tahun di sajikan dalam grafik 5.6



Grafik 5.6 Grafik Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 100 Tahun



Grafik 5.7 Grafik Intensitas Curah Hujan Tahunan

## 5.2 Analisis GIS (*Geographic Information System*) Untuk DAS Klanduan

GIS adalah sistem manual atau digital (dengan menggunakan komputer sebagai alat pengolahan dan analisis) yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, memanipulasi, memperbaharui dan menghasilkan informasi yang mempunyai rujukan spasial atau geografis.

Aplikasi GIS telah banyak merambah pada sektor-sektor yang bersentuhan langsung dengan dinamika dan problematika kehidupan seperti masalah pengelolaan lingkungan, kependudukan, perencanaan wilayah, pertanahan, pariwisata, ekonomi, bisnis, marketing, perpajakan, telekomunikasi, biologi, hidrologi, pendidikan, pertambangan, transportasi, navigasi, kesehatan dan militer.

Program ini meliputi empat langkah atau tiga sub-program yaitu: *Raster To Vector* (R2V), *Arc Info* dan *Arc View*. Adapun cara kerja dari masing-masing tahapan adalah sebagai berikut:

### 5.2.1 Raster To Vector (R2V)

Menurut bahasa raster adalah hasil foto atau *scanning*, contoh: foto udara dan citra satelit. Sedangkan *vector* atau peta *digital* yang sudah memiliki nilai bujur dan nilai lintang. Langkah-langkah pengerjaan R2V adalah menampilkan peta raster (hasil *scanning*), register pembuatan titik kontrol, *digitasi*, *editing*, memasukan nilai ID dan *export vector*.

Tabel 5.12 Luas Daerah Aliran dan Tata Guna Lahan Sungai Klanduan tahun 1989

| No           | Nama Daerah    | Luas daerah ( M <sup>2</sup> ) | Luas ( km <sup>2</sup> ) | Presentase (%) |
|--------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|----------------|
| 1            | Perkampungan   | 273717,718                     | 0,274                    | 7.7            |
| 2            | Jalan Aspal    | 6750,000                       | 0,0068                   | 0.2            |
| 3            | Jalan Tanah    | 155318,826                     | 0,155                    | 4.34           |
| 4            | Jalan Batu     | 7277,797                       | 0,0073                   | 0.2            |
| 5            | Sawah          | 1660789,835                    | 1,661                    | 46.55          |
| 6            | Tanah Terbuka  | 23603,235                      | 0,024                    | 0.67           |
| 7            | Tegalan        | 298000,040                     | 0,298                    | 8.35           |
| 8            | Kebun Campuran | 1062215,795                    | 1,062                    | 29.76          |
| 9            | Pekarangan     | 77337,202                      | 0,078                    | 2.18           |
| 10           | Kuburan        | 2812,875                       | 0,003                    | 0.08           |
| <b>Total</b> |                | <b>3568123,323</b>             | <b>3,568</b>             | <b>100</b>     |

Tabel 5.13 Luas Daerah Aliran dan Tata Guna Lahan Sungai Klanduan tahun 2003

| No           | Nama Daerah    | Luas daerah ( M <sup>2</sup> ) | Luas ( km <sup>2</sup> ) | Presentase (%) | Perubahan Presentase tahun 1989 dan 2003 (%) |
|--------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|----------------|--|
| 1            | Perkampungan   | 889283,780                     | 0,889                    | 24.99          | 17.29  |
| 2            | Jalan Aspal    | 47629,266                      | 0,048                    | 1.35           | 1.15   |
| 3            | Jalan Tanah    | 179263,154                     | 0,179                    | 5.03           | 0.69   |
| 4            | Jalan Batu     | 51276,205                      | 0,051                    | 1.43           | -1.23  |
| 5            | Sawah          | 1429575,573                    | 1,430                    | 40.19          | -6.36  |
| 6            | Tanah Terbuka  | 45021,514                      | 0,045                    | 1.27           | 0.6  |
| 7            | Tegalan        | 304933,792                     | 0,305                    | 8.57           | 0.22   |
| 8            | Kebun Campuran | 179625,638                     | 0,180                    | 5.06           | -24.7  |
| 9            | Pekarangan     | 429368,794                     | 0,429                    | 12.05          | 9.87   |
| 10           | Kuburan        | 1661,047                       | 0,002                    | 0.05           | -0.03  |
| <b>Total</b> |                | <b>3557638,763</b>             | <b>3,558</b>             | <b>100</b>     |  |

#### 5.4 Koefisien Penyebaran Hujan ( $\beta$ )

Dengan melihat tabel 3.2 Koefisien penyebaran hujan, maka nilai koefisien penyebaran curah hujan ( $\beta$ ) untuk daerah aliran Sungai Klanduan tahun 2003 dengan luas 3.558 km<sup>2</sup> adalah 1. Sedangkan Koefisien penyebaran curah hujan ( $\beta$ ) untuk daerah aliran sungai Klanduan tahun 1989 dengan luas 3.568 km<sup>2</sup> adalah 1.

### 5.5 Koefisien Limpasan (C)

Jenis kawasan tangkapan untuk daerah aliran Sungai Klanduan tahun 1989 dan tahun 2003 terdiri dari perkampungan, jalan aspal, jalan tanah, jalan batu, sawah, tanah terbuka, tegalan, kebun campuran, kuburan, dan hutan. Koefisien limpasan (C) didapat dengan melihat tabel 3.1 yaitu dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.14 Koefisien Limpasan untuk DAS Klanduan

| No | Jenis Kawasan Tangkapan | Koefisien Limpasan ( C ) |
|----|-------------------------|--------------------------|
| 1  | Perkampungan            | 0,70                     |
| 2  | Jalan aspal             | 0,95                     |
| 3  | Jalan Tanah             | 0,25                     |
| 4  | Jalan Batu              | 0,85                     |
| 5  | Sawah                   | 0,40                     |
| 6  | Tanah Terbuka           | 0,35                     |
| 7  | Tegalan                 | 0,40                     |
| 8  | Kebun Campuran          | 0,40                     |
| 9  | Pekarangan              | 0,35                     |
| 10 | Kuburan                 | 0,25                     |

Koefisien limpasan dihitung dengan rumus :

$$C = \frac{\sum_{j=1}^n C_j A_j}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Sebagai contoh, koefisien Limpasan Pemukiman :

$$C = \frac{C_j \times A_j}{A_{total}} = \frac{0,7 \times 0,274}{3,568} = 0,0537$$

Tabel 5.15 Koefisien Limpasan Sungai Klanduan tahun 1989

| Jenis Kawasan Tangkapan | Koefisien C | Luas (km <sup>2</sup> ) | C      |
|-------------------------|-------------|-------------------------|--------|
| Perkampungan            | 0,70        | 0,274                   | 0,0537 |
| Jalan aspai             | 0,95        | 0,007                   | 0,0019 |
| Jalan Tanah             | 0,25        | 0,155                   | 0,0109 |
| Jalan Batu              | 0,85        | 0,007                   | 0,0017 |
| Sawah                   | 0,40        | 1,661                   | 0,1862 |
| Tanah Terbuka           | 0,35        | 0,024                   | 0,0024 |
| Tegalan                 | 0,40        | 0,298                   | 0,0334 |
| Kebun Campuran          | 0,40        | 1,062                   | 0,1190 |
| Pekarangan              | 0,35        | 0,078                   | 0,0076 |
| Kuburan                 | 0,25        | 0,003                   | 0,0002 |
| Jumlah                  |             | 3,569                   | 0,4169 |

Tabel 5.16 Koefisien Limpasan Sungai Klanduan tahun 2003

| Jenis Kawasan Tangkapan | Koefisien C | Luas (km <sup>2</sup> ) | C      |
|-------------------------|-------------|-------------------------|--------|
| Perkampungan            | 0,70        | 0,889                   | 0,1749 |
| Jalan Aspal             | 0,95        | 0,048                   | 0,0128 |
| Jalan Tanah             | 0,25        | 0,179                   | 0,0126 |
| Jalan Batu              | 0,85        | 0,051                   | 0,0122 |
| Sawah                   | 0,40        | 1,430                   | 0,1608 |
| Tanah Terbuka           | 0,35        | 0,045                   | 0,0044 |
| Tegalan                 | 0,40        | 0,305                   | 0,0343 |
| Kebun Campuran          | 0,40        | 0,180                   | 0,0202 |
| Pekarangan              | 0,35        | 0,429                   | 0,0422 |
| Kuburan                 | 0,25        | 0,002                   | 0,0001 |
| Jumlah                  |             | 3,558                   | 0,4745 |

## 5.6 Faktor Tampungan (Cs)

### a. Menghitung waktu konsentrasi (tc).

Waktu Konsentrasi ini terdiri dari, waktu aliran air mengalir di permukaan tanah (over flow) yang menuju saluran terdekat (tcs) ditambah dengan waktu aliran air mengalir di dalam sungai hingga ke outlet (tcc).

tcs dipengaruhi banyak faktor diantaranya adalah jarak tempuh aliran, kemiringan muka tanah, lekukan tanah, lapis penutup tanah, intensitas hujan dan

infiltrasi tanah. Umumnya semakin tinggi intensitas hujan semakin pendek waktu  $t_{cs}$ .

Beberapa peneliti mengusulkan nilai  $t_{cs}$  antara 10 hingga 30 menit.

### 1. Daerah Aliran Sungai Klanduan Tahun 1989.

Panjang Sungai Klanduan ( $L$ ) = 6484,936 m = 6,484 km

Karena sungai Klanduan memiliki kemiringan yang tidak merata, maka sungai Klanduan dibagi menjadi 4 segmen kemiringan.

Tabel 5.17 Tinggi Persegmen Sungai Klanduan Tahun 1989

|                           | Segmen 1 | Segmen 2 | Segmen 3 | Segmen 4 |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Tinggi Hulu (m)           | 487,500  | 443,750  | 343,750  | 300,000  |
| Tinggi Hilir (m)          | 443,750  | 343,750  | 300,000  | 281,250  |
| Selisih ( $\Delta H$ )(m) | 43,750   | 100,000  | 43,750   | 18,750   |

Nilai  $t_{cs}$  diasumsikan sebagai berikut :

$$t_{cs_1} = 12 \text{ menit}$$

$$t_{cs_2} = 12 \text{ menit}$$

$$t_{cs_3} = 12 \text{ menit}$$

$$t_{cs_4} = 10 \text{ menit}$$

Sebagai contoh pada segmen 1 :

$$tc = \left[ \frac{0,87L^3}{\Delta H} \right]^{0,385}$$

$$tc_1 = \left[ \frac{0,87(0,977)^3}{43,750} \right]^{0,385} = 0,215 \text{ Jam}$$

$$t_{cc} = tc_1 - t_{cs_1} = 0,215 - 0,2 = 0,015 \text{ jam} = 0,9 \text{ menit}$$

Tabel 5.18 Perhitungan segmen Sungai Klanduan Tahun 1989

| segmen | $\Delta H$ (m) | L(Km) | tc (jam) | tc-tcs (jam) |
|--------|----------------|-------|----------|--------------|
| 1.     | 43,750         | 0,977 | 0,215    | 0,015        |
| 2.     | 100,000        | 3,179 | 0,612    | 0,412        |
| 3.     | 43,750         | 1,375 | 0,320    | 0,120        |
| 4.     | 18,750         | 0,953 | 0,290    | 0,123        |

$$tc_{total} = tc_1 + tc_2 + tc_3 + tc_4$$

$$= 0,215 + 0,412 + 0,120 + 0,123 = 0,87 \text{ jam} = 52,2 \text{ menit}$$

## 2. Daerah Aliaran Sungai Klanduan Tahun 2003

Panjang Sungai Pelang (L) = 6611,295 m = 6,611 km

Karena sungai Klanduan memiliki kemiringan yang tidak merata, maka sungai Klanduan dibagi menjadi 4 segmen kemiringan.

Kemiringan sungai rata-rata :

Tabel 5.19 Tinggi persegmen Sungai Klanduan Tahun 2003

|                           | Segmen 1 | Segmen 2 | Segmen 3 | Segmen 4 |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Tinggi Hulu (m)           | 491,250  | 450,500  | 358,000  | 310,250  |
| Tinggi Hilir (m)          | 450,500  | 358,000  | 310,250  | 289,000  |
| Selisih ( $\Delta H$ )(m) | 40,750   | 92,500   | 47,750   | 21,250   |

Nilai tcs diasumsikan sebagai berikut :

$$tcs_1 = 10 \text{ menit}$$

$$tcs_2 = 10 \text{ menit}$$

$$tcs_3 = 12 \text{ menit}$$

$$tcs_4 = 10 \text{ menit}$$

Sebagai contoh pada segmen 1 :

$$tc = \left[ \frac{0,87L^3}{\Delta H} \right]^{0,385}$$

$$tc_1 = \left[ \frac{0,87(0,996)^3}{40,750} \right]^{0,385} = 0,226 \text{ Jam}$$

$$tcc = tc_1 - tcs_1 = 0,226 - 0,1667 = 0,060 \text{ jam} = 3,6 \text{ menit}$$

$$tc_{\text{total}} = tc_1 + tc_2 + tc_3 + tc_4$$

$$= 0,226 + 0,472 + 0,118 + 0,122 = 0,938 \text{ jam} = 56,28 \text{ menit}$$

Tabel 5.20 Perhitungan segmen Sungai Klanduan Tahun 2003

| segmen | $\Delta H$ (m) | L (km) | tc (jam) | tc-tcs (jam) |
|--------|----------------|--------|----------|--------------|
| 1      | 40,750         | 0,996  | 0,226    | 0,060        |
| 2      | 92,500         | 3,215  | 0,639    | 0,472        |
| 3      | 47,750         | 1,410  | 0,318    | 0,118        |
| 4      | 21,250         | 0,990  | 0,289    | 0,122        |

### b Menghitung waktu aliran (tcc).

Waktu aliran air dari hulu sungai menuju outlet dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$tc = tcs + tcc$$

$$tcc = tc - tcs$$

Nilai tcs merupakan titik terjauh dari sistim DAS menuju sungai Klanduan diasumsikan 10 menit.

#### 1. Daerah Aliran Sungai Klanduan Tahun 1989.

Nilai tcc adalah :

$$tcc = tc - tcs$$

$$tcc = 52,2 - 10 = 42,2 \text{ menit}$$

#### 2. Daerah Aliaran Sungai Klanduan Tahun 2003

Nilai tcc adalah :

$$tcc = tc - tcs$$

$$tcc = 56,28 - 10 = 46,28 \text{ menit}$$

Faktor tampungan ( $C_s$ ) untuk daerah aliran Sungai Klanduan tahun 1989 adalah:

$$\left| CS = \frac{2tc}{2tc + tcc} \right|$$

$$\left| CS = \frac{2(52,2)}{2(52,2) + 42,2} \right| = 0,712$$

Faktor tampungan ( $C_s$ ) untuk daerah aliran Sungai Klanduan tahun 2003 adalah:

$$\left| CS = \frac{2tc}{2tc + tcc} \right|$$

$$\left| CS = \frac{2(56,28)}{2(56,28) + 46,28} \right| = 0,708$$

## 5.7 Menghitung Besar Aliran Limpasan Permukaan (Q)

### 5.7.1 Daerah Aliran Sungai Klanduan tahun 1989

1. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 2 tahunan.

$$Q = C \times C_s \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t=52,2$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 66,705 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 19,625 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t=60$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 58,601 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 17,241 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 120$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 30,292 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 8,912 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 180$

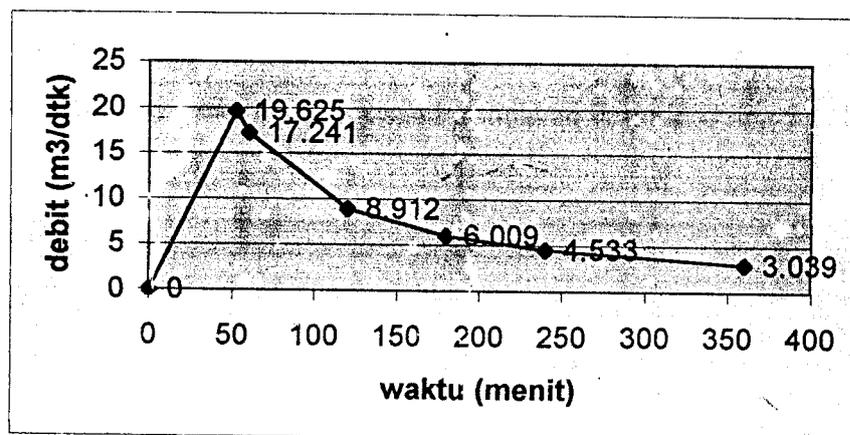
$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 20,425 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 6,009 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 240$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 15,406 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 356812,323 = 4,533 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 360$

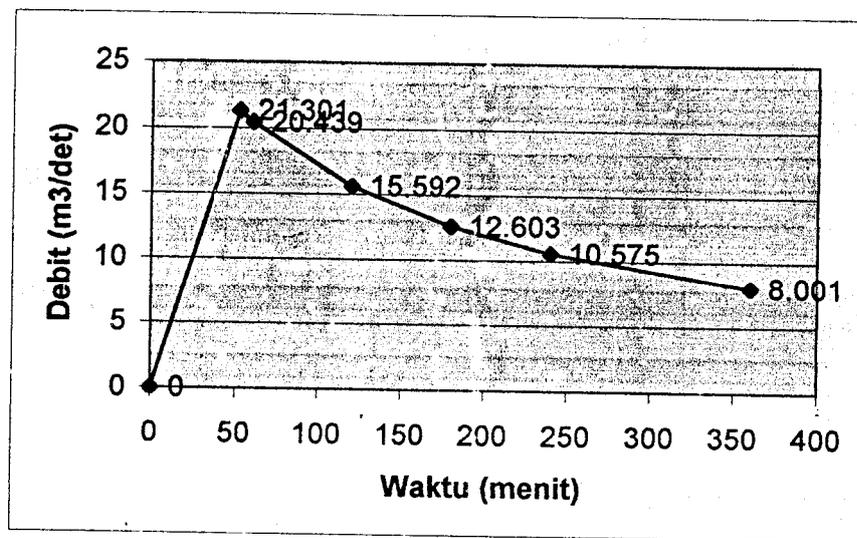
$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 10,330 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 3,039 \text{ m}^3/\text{det}$$



Grafik 5.8 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 2 Tahunan

2. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 5 tahunan.

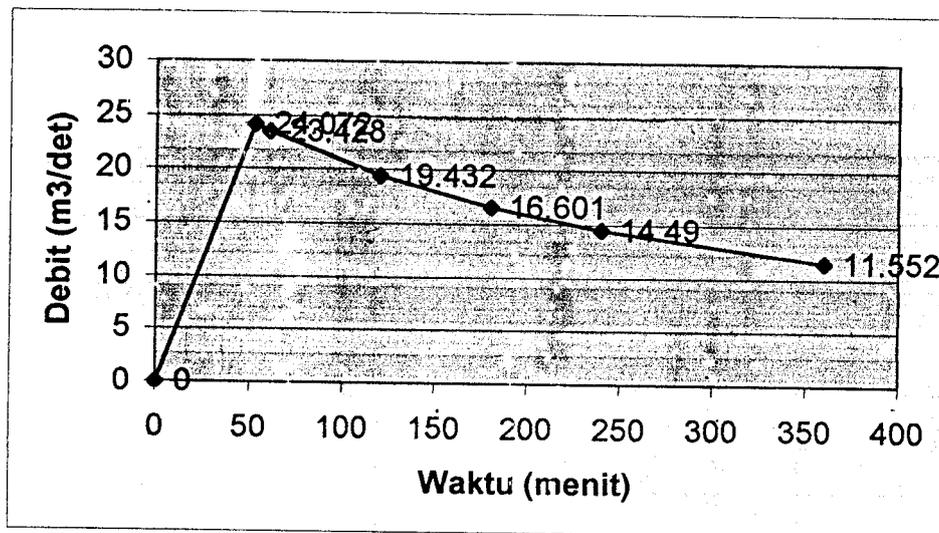
Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 5 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.1 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 5 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 5 tahunan disajikan dalam grafik 5.9



Grafik 5.9 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 5 Tahunan

3. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 10 tahunan.

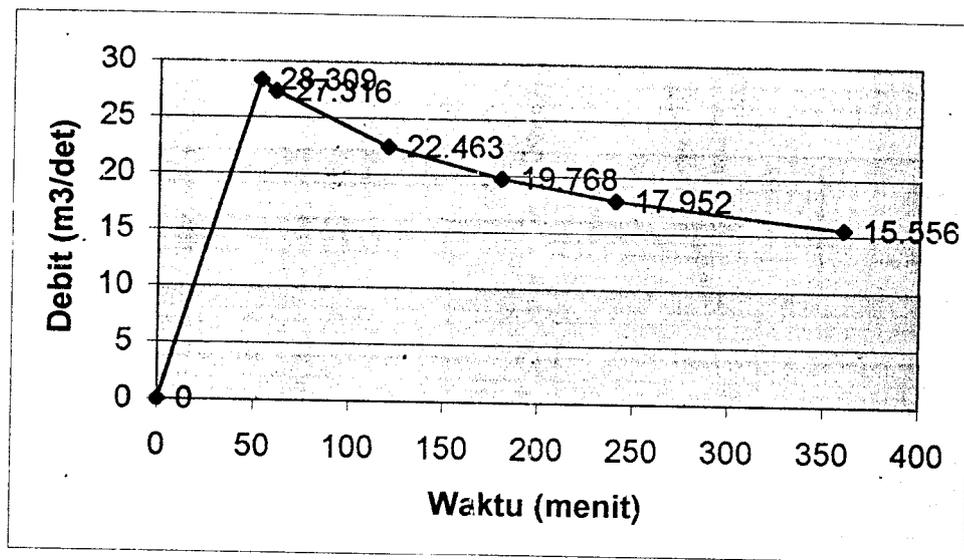
Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 10 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.1 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 10 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 8. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 10 tahunan disajikan dalam grafik 5.10



Grafik 5.10 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 10 Tahunan

4. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 20 tahunan.

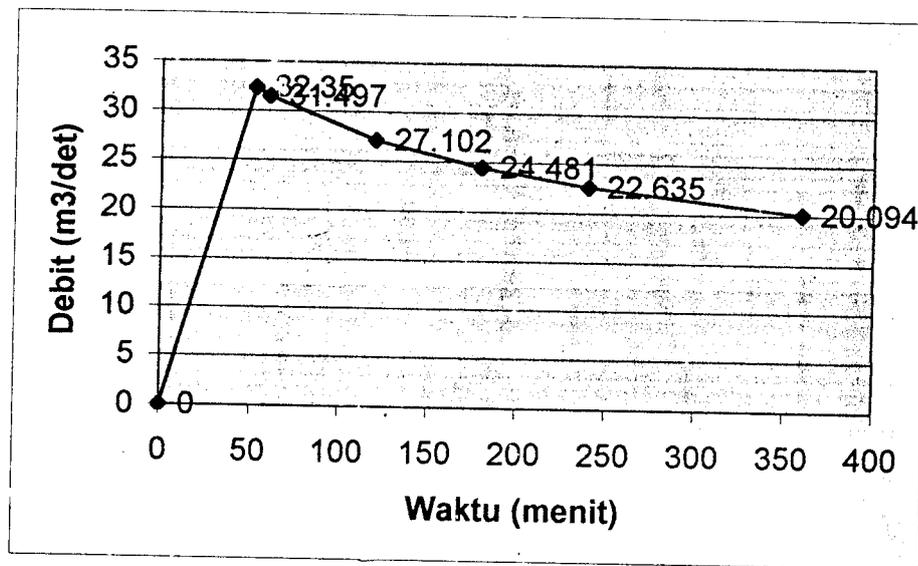
Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 20 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.1 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 20 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 9. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 20 tahunan disajikan dalam grafik 5.11



Grafik 5.11 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 20 Tahunan

5. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 50 tahunan.

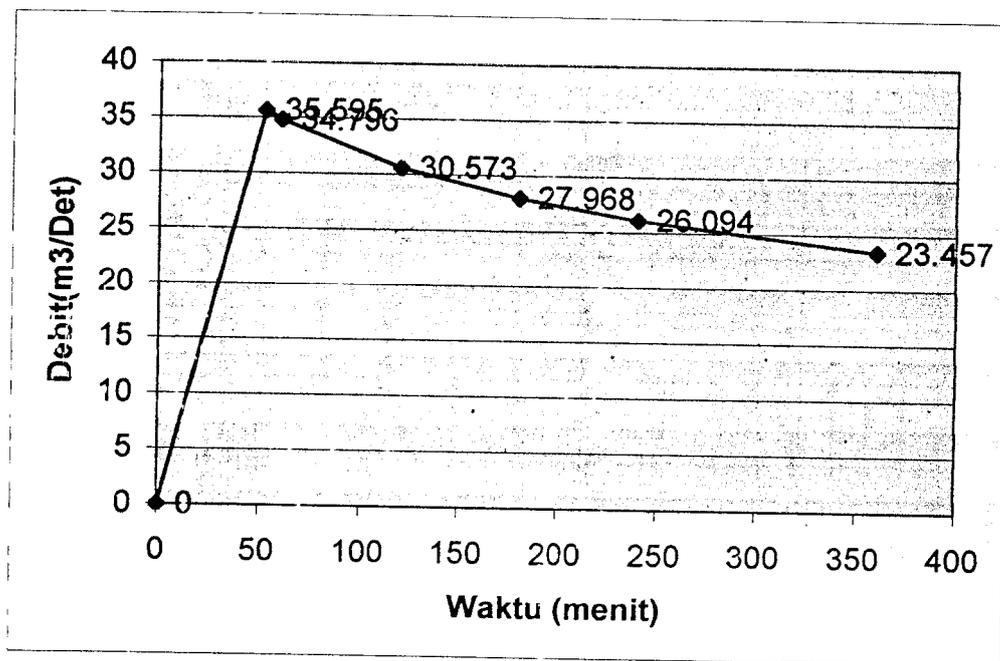
Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 50 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.1 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 50 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 10. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 50 tahunan disajikan dalam grafik 5.12



Grafik 5.12 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 50 Tahun

6. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 100 tahunan.

Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 100 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.1 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 100 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 11. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 100 tahunan disajikan dalam grafik 5.12



Grafik 5.13 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 100 Tahunan

Tabel 5.21 Besar Air Limpasan Permukaan DAS Klanduan tahun 1989

| t ( menit ) | Besar Air Limpasan Permukaan DAS Klanduan 1989 ( Q ) ( m³/det ) |           |            |            |            |             |
|-------------|---|-----------|------------|------------|------------|-------------|
|             | 2 tahunan   | 5 tahunan | 10 tahunan | 20 tahunan | 50 tahunan | 100 tahunan |
| 40,2        | 25,450  | 23,253    | 25,659     | 30,802     | 34,616     | 37,812      |
| 60          | 17,601  | 20,868    | 23,918     | 27,887     | 32,156     | 35,524      |
| 120         | 9,098   | 15,918    | 19,839     | 22,933     | 27,669     | 31,213      |
| 180         | 6,135   | 12,866    | 16,949     | 20,182     | 24,993     | 28,553      |
| 240         | 4,628   | 10,796    | 14,793     | 18,328     | 23,109     | 26,640      |
| 360         | 3,103   | 8,168     | 11,794     | 15,881     | 20,514     | 23,948      |

### 5.7.2 Daerah Aliran Sungai Klanduan tahun 2003

1. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 2 tahunan.

$$Q = C \times C_s \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t_{=56,28}$

$$Q = 0,4745 \times 0,708 \times 1 \times 61,771 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 20,506 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=60}$

$$Q = 0,4745 \times 0,708 \times 1 \times 58,601 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 19,455 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=120}$

$$Q = 0,4745 \times 0,708 \times 1 \times 30,292 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 10,057 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=180}$

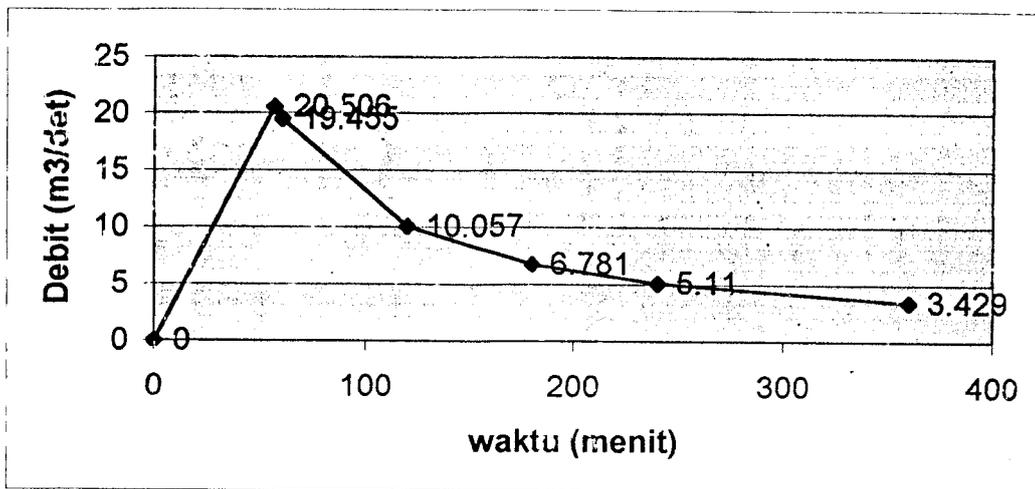
$$Q = 0,4745 \times 0,708 \times 1 \times 20,425 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 6,781 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=240}$

$$Q = 0,4745 \times 0,708 \times 1 \times 15,406 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 5,115 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=360}$

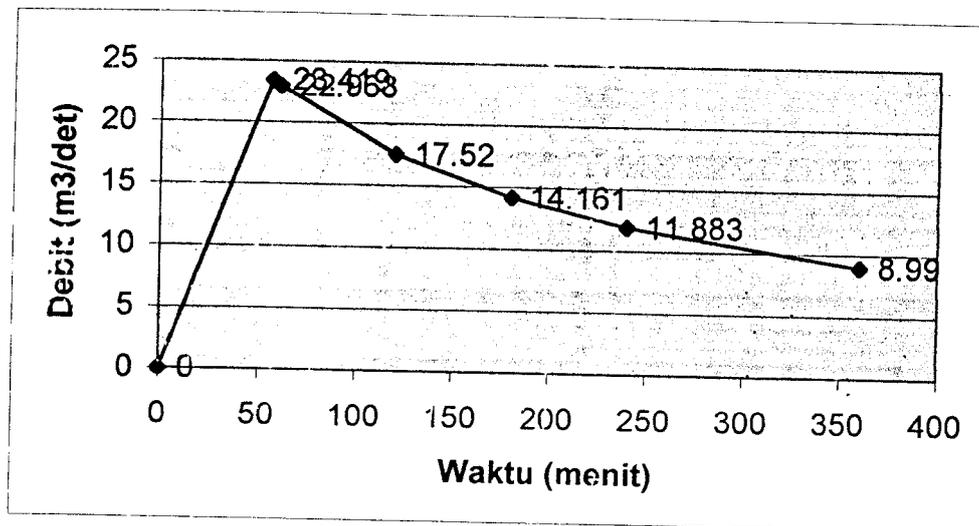
$$Q = 0,4745 \times 0,708 \times 1 \times 10,330 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 3,429 \text{ m}^3/\text{det}$$



Grafik 5.14 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 2 Tahunan

2. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 5 tahunan.

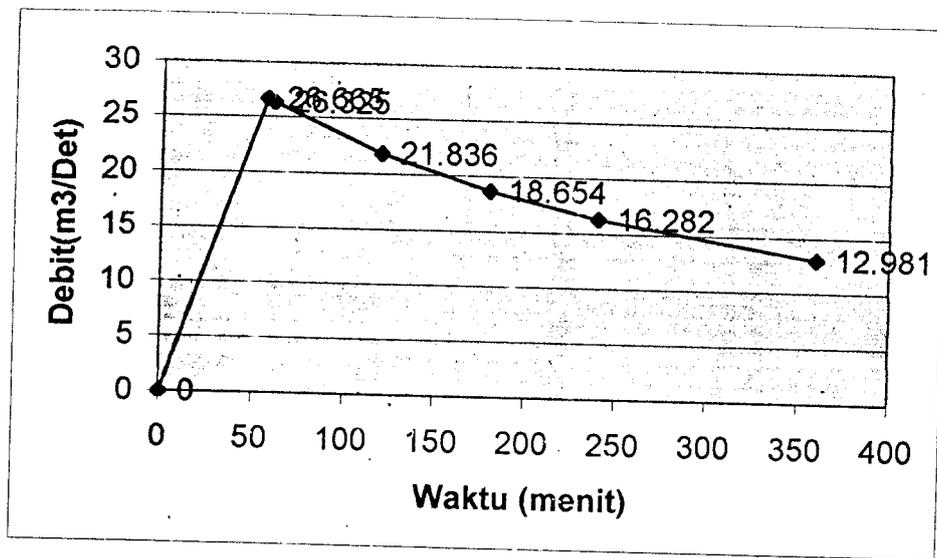
Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 5 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.2 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 5 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 12. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 5 tahunan disajikan dalam grafik 5.14



Grafik 5.15 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 5 Tahunan

3. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 10 tahunan.

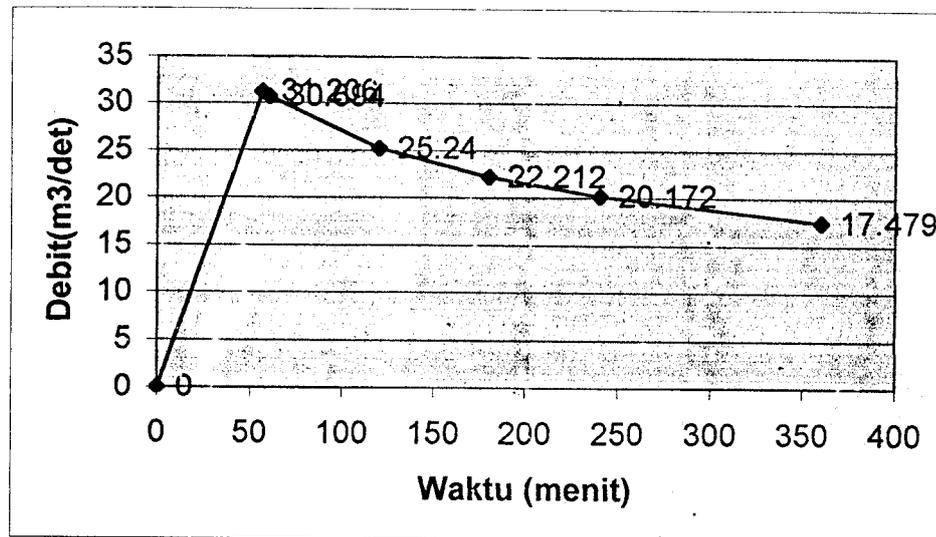
Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 10 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.2 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 10 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 13. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 10 tahunan disajikan dalam grafik 5.16



Grafik 5.16 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 10 Tahunan

4. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 20 tahunan.

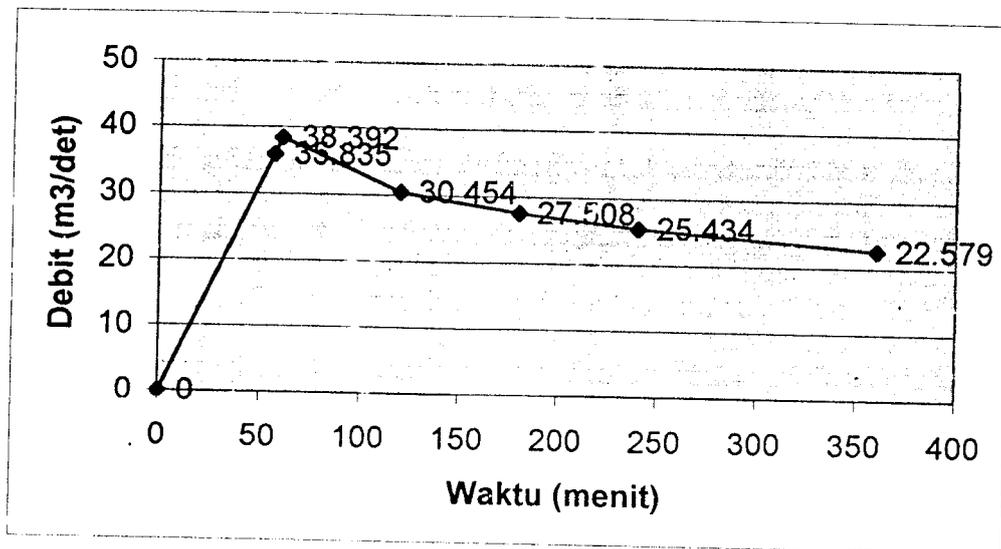
Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 20 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.2 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 20 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 14. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 20 tahunan disajikan dalam grafik 5.17



Grafik 5.17 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 20 Tahunan

5. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 50 tahunan.

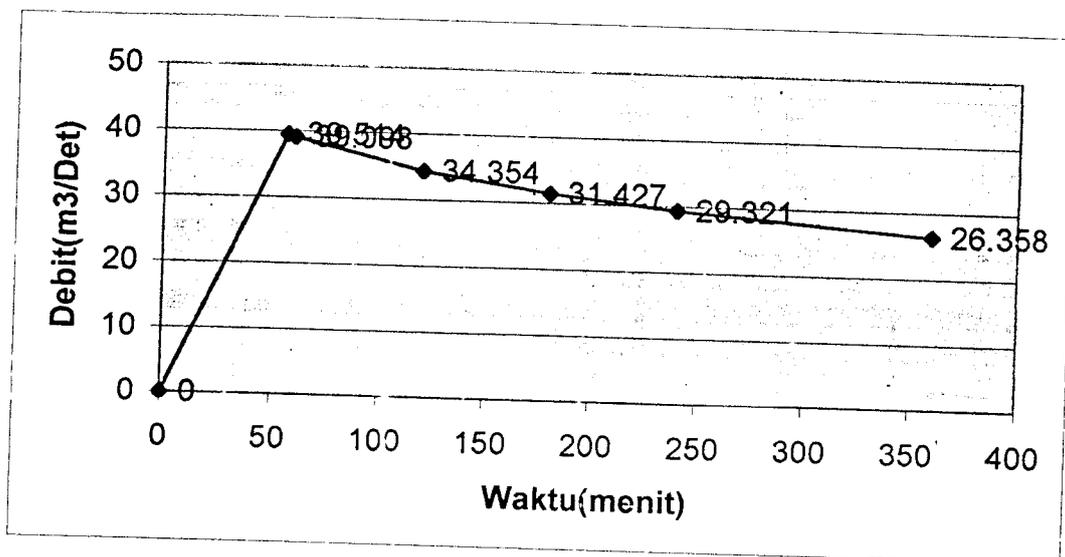
Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 50 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.2 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 50 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 15. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 50 tahunan disajikan dalam grafik 5.18



Grafik 5.18 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 50 Tahunan

6. Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 100 tahunan.

Besar aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 100 tahunan dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan poin 5.7.2 Hasil perhitungan aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 100 tahunan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 16. Grafik aliran limpasan permukaan dengan Periode Ulang 100 tahunan disajikan dalam grafik 5.19



Grafik 5.19 Hidrograf Aliran Limpasan Permukaan Periode Ulang 100 Tahunan

Tabel 5.22 Besar Air Limpasan Permukaan DAS Klanduan tahun 2003

| t ( menit ) | Besar Air Limpasan Permukaan DAS Klanduan 2003 ( Q ) ( m <sup>3</sup> /det) |           |            |            |            |             |
|-------------|---|-----------|------------|------------|------------|-------------|
|             | 2 tahunan   | 5 tahunan | 10 tahunan | 20 tahunan | 50 tahunan | 100 tahunan |
| 46,32       | 25,082  | 25,185    | 28,140     | 33,385     | 37,859     | 41,516      |
| 60          | 19,738  | 23,401    | 26,822     | 31,273     | 36,060     | 39,836      |
| 120         | 10,203  | 17,850    | 22,247     | 25,717     | 31,028     | 35,001      |
| 180         | 6,880   | 14,428    | 19,006     | 22,631     | 28,027     | 32,020      |
| 240         | 5,189   | 12,107    | 16,589     | 20,553     | 25,914     | 29,874      |
| 360         | 3,479   | 9,160     | 13,225     | 17,809     | 23,005     | 26,855      |

### **5.8 Perbandingan DAS Sungai Klanduan**

Dari hitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil besar air limpasan permukaan DAS Klanduan, perbandingan yang didapatkan dari besar air limpasan permukaan DAS Klanduan tahun 1989 dan 2003 adalah didapatkan kenaikan besar air limpasan permukaan pada tahun 2003 dibandingkan pada tahun 1989. Hal ini dapat disebabkan oleh bertambahnya bangunan didaerah sekitar penelitian yang mengakibatkan air yang jatuh kepermukaan langsung mengalir ke sungai.

## 5.9 Analisis Frekuensi Banjir Metode Mononobo

### 5.9.1 Perhitungan Parameter Statistik

Tabel 5.23 Data Intensitas Hujan Tertinggi Tiap Tahun pada Stasiun Kemptu

| No | Tanggal          | I (mm/hari) | Selama(jam) |
|----|------------------|-------------|-------------|
| 1  | 3 Oktober 1996   | 114,5       | 7           |
| 2  | 30 Oktober 1998  | 125         | 4           |
| 3  | 6 Maret 1999     | 121,5       | 4           |
| 4  | 22 November 2000 | 200         | 4           |

- Perhitungan Probabilitas curah hujan harian :

#### 1. Standar deviasi

Tabel 5.24 Standar Deviasi Curah hujan maksimum

| X              | $\bar{X}$ | $(X-\bar{X})$ | $(X-\bar{X})^2$                 | S (mm/hari) |
|----------------|-----------|---------------|---------------------------------|-------------|
| 114,5          | 140,25    | -25,75        | 663,063                         |             |
| 125            | 140,25    | -15,25        | 232,563                         |             |
| 121,5          | 140,25    | -18,75        | 351,563                         |             |
| 200            | 140,25    | 59,75         | 3570,063                        |             |
| $\sum X = 561$ |           |               | $\sum (X-\bar{X})^2 = 4817,252$ | 40,072      |

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{561}{4} = 140,25 \text{ mm/hari}$$

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

$$S = \sqrt{\frac{4817,250}{3}} = 40,072 \text{ mm/hari}$$

#### 2 Menghitung Koefisien pengembangan udara

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{3,14} 40,072 = 31,259 \text{ mm/hari}$$

- 3 Menghitung jenis – jenis sebaran ( U )

$$U = \bar{X} - 0.5772 \times \alpha$$

$$U = 140,25 - (0,5772 \times 31,259) = 122,207 \text{ mm/hari}$$

- 4 Hubungan antara probabilitas dengan periode ulang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Y_t = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Sebagai contoh untuk periode ulang 2 tahun. t untuk 2 tahun.

$$Y_{t=2} = -\ln ( \ln 2 ) = 0,367$$

Probabilitas periode ulang tiap t tahun didapat :

$$t = 5 \quad ; \quad Y_{t=5} = 1,500$$

$$t = 10 \quad ; \quad Y_{t=10} = 2,250$$

$$t = 20 \quad ; \quad Y_{t=20} = 2,970$$

$$t = 50 \quad ; \quad Y_{t=50} = 3,902$$

$$t = 100 \quad ; \quad Y_{t=100} = 4,600$$

- 5 Menghitung Intensitas hujan dengan periode ulang t tahun (  $X_T$  )

$$X_T = U + \alpha \cdot Y_t$$

$$X_{T=2} = 122,207 + (31,259 \times 0,367) = 133,679 \text{ mm/hari}$$

$$X_{T=5} = 122,207 + (31,259 \times 1,500) = 169,095 \text{ mm/hari}$$

$$X_{T=10} = 122,207 + (31,259 \times 2,250) = 192,539 \text{ mm/hari}$$

$$X_{T=20} = 122,207 + (31,259 \times 2,970) = 215,046 \text{ mm/hari}$$

$$X_{T=50} = 122,207 + (31,259 \times 3,902) = 244,179 \text{ mm/hari}$$

$$X_{T=100} = 122,207 + (31,259 \times 4,600) = 265,998 \text{ mm/hari}$$

### 5.9.2 Perhitungan Parameter Daerah Aliran Sungai

- Kemiringan Sungai

#### 1. DAS Klanduan 1989

Panjang Sungai Klanduan dibagi menjadi 4 segmen kemiringan :

Tabel 5.25 Kemiringan DAS Klanduan 1989

| Segmen | $\Delta H$ | L ( m )  | $i$   |
|--------|------------|----------|-------|
| 1      | 43,75      | 977,049  | 0,045 |
| 2      | 100        | 3179,311 | 0,031 |
| 3      | 43,75      | 1374,936 | 0,032 |
| 4      | 18,75      | 952,769  | 0,020 |

Contoh pada segmen 1 sebagai berikut :

$$i = \frac{\Delta H}{L}$$

$$= \frac{43,750}{977,0493} = 0,045$$

#### 2. DAS Klanduan 2003

Tabel 5.26 Kemiringan DAS Klanduan 2003

| Segmen | $\Delta H$ | L ( m ) | $i$   |
|--------|------------|---------|-------|
| 1      | 40,75      | 995,52  | 0,041 |
| 2      | 92,5       | 3215,43 | 0,029 |
| 3      | 47,75      | 1409,93 | 0,034 |
| 4      | 21,25      | 990,415 | 0,021 |

Contoh pada segmen 1 sebagai berikut :

$$i = \frac{\Delta H}{L}$$

$$= \frac{4075}{995,52} = 0,041$$

- . Koefisien aliran (C)

1. DAS Klanduan 1989

Dari Tabel 5.15 (Halaman 74) nilai  $\alpha = 0,4169$

2. DAS Klanduan 2003

Dari Tabel 5.16 (Halaman 74) nilai  $\alpha = 0,4745$

- Koefisien reduksi ( $\beta_1$ )

1. DAS Klanduan 1989

Diambil berdasarkan luas DAS Klanduan tahun 1989 dengan luas 3,568 km<sup>2</sup>, maka  $\beta_1 = 1$ . Pada Tabel 3.2 koefisien penyebaran hujan.

2. DAS Klanduan 2003

Diambil berdasarkan luas DAS Klanduan tahun 2003 dengan luas 3,558 km<sup>2</sup>, maka  $\beta_1 = 1$ . Pada Tabel 3.2 koefisien penyebaran hujan

### 5.9.3 Perhitungan Analisis Frekuensi Debit Banjir

Tahap Perhitungan Tahun 1989

#### 1. Menghitung Kecepatan Aliran

Tabel 5.27 Kecepatan Aliran Sungai Klanduan 1989

| Segmen | i     | V(km/jam) |
|--------|-------|-----------|
| 1      | 0,045 | 11,201    |
| 2      | 0,031 | 8,957     |
| 3      | 0,032 | 9,129     |
| 4      | 0,02  | 6,886     |

Contoh Perhitungan segmen I :

$$V = 72.(i)^{0,6}$$

$$= 72 \times (0,045)^{0,6} = 11,201 \text{ km/jam}$$

#### 2. Menghitung Waktu Konsentrasi

Tabel 5.28 Waktu Konsentrasi DAS Klanduan 1989

| Segmen | L(km <sup>2</sup> ) | V(km/jam) | t(jam) |
|--------|---------------------|-----------|--------|
| 1      | 0,977               | 11,201    | 0,087  |
| 2      | 3,179               | 8,957     | 0,355  |
| 3      | 1,374               | 9,129     | 0,151  |
| 4      | 0,952               | 6,886     | 0,138  |

Contoh Perhitungan segmen I :

$$t = \frac{L}{V}$$

$$= \frac{0,977}{11,201} = 0,087 \text{ jam}$$

## 3. Menghitung Intensitas Hujan ( I )

Tabel 5.29 Perhitungan Intensitas Hujan

| Periode Tahun | R <sub>24</sub> (mm/hari) | t(jam) | I(mm/jam) |
|---------------|---------------------------|--------|-----------|
| 2             | 133,679                   | 0,087  | 235,154   |
| 5             | 169,095                   | 0,087  | 297,454   |
| 10            | 192,539                   | 0,087  | 338,695   |
| 20            | 215,046                   | 0,087  | 378,287   |
| 50            | 244,179                   | 0,087  | 429,534   |
| 100           | 265,998                   | 0,087  | 467,916   |

Contoh pada periode ulang 2 Tahun :

$$I_{2\text{Tahun}} = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$= \frac{133,679}{24} \times \left( \frac{24}{0,087} \right)^{2/3} = 235,154 \text{ mm / jam}$$

## 4. Menghitung Debit Banjir

Tabel 5.30 Perhitungan Debit Banjir

| Periode tahun | I(mm/jam) | C      | A(km <sup>2</sup> ) | Q(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-----------|--------|---------------------|------------------------|
| 2             | 235,154   | 0,4169 | 0,725               | 19,743                 |
| 5             | 297,454   | 0,4169 | 0,725               | 24,974                 |
| 10            | 338,695   | 0,4169 | 0,725               | 28,436                 |
| 20            | 378,287   | 0,4169 | 0,725               | 31,761                 |
| 50            | 429,534   | 0,4169 | 0,725               | 36,063                 |
| 100           | 467,916   | 0,4169 | 0,725               | 39,286                 |

Contoh pada periode ulang 2 Tahun :

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A$$

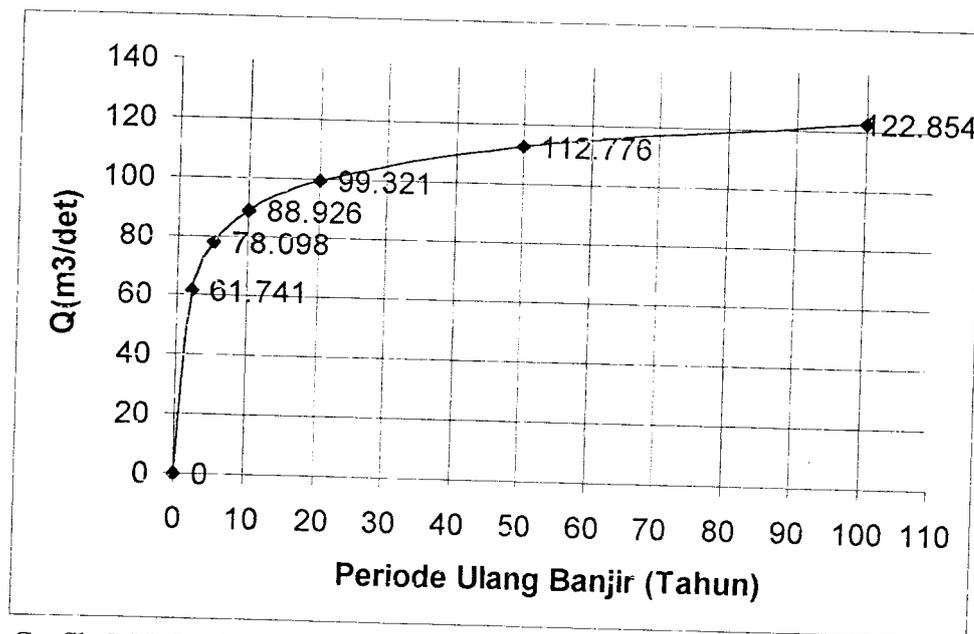
$$= \frac{1}{3,6} \times 0,4169 \times 235,154 \times 0,725 = 19,743 \text{ m}^3 / \text{det}$$

### Perhitungan Menggunakan Metode Mononobo

Pada perhitungan metoda mononobo segmen I,II,III, dan IV memiliki langkah penyelesaian yang sama dengan poin 5.8.3 hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada lampiran 17. Hasil DAS Klanduan Tahun 1989 yang telah dihitung menggunakan metode tersebut ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 5.31 Hasil Hitungan Metoda Mononobo Segmen I,II, III, dan IV Periode 1989

| Periode tahun | QI(m <sup>3</sup> /det) | QII(m <sup>3</sup> /det) | QIII(m <sup>3</sup> /det) | QIV(m <sup>3</sup> /det) | QTot(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 2             | 19,743                  | 15,948                   | 15,996                    | 10,054                   | 61,741                    |
| 5             | 24,974                  | 20,173                   | 20,233                    | 12,718                   | 78,098                    |
| 10            | 28,436                  | 22,970                   | 23,039                    | 14,481                   | 88,926                    |
| 20            | 31,761                  | 25,655                   | 25,732                    | 16,174                   | 99,321                    |
| 50            | 36,063                  | 29,130                   | 29,218                    | 18,365                   | 112,776                   |
| 100           | 39,286                  | 31,733                   | 31,828                    | 20,006                   | 122,854                   |



Grafik 5.20 Grafik Debit maksimum Mononobo DAS Klanduan Tahun 1989

## Tahap Perhitungan Tahun 2003

## 1. Menghitung Kecepatan Aliran

kemiringan DAS Klanduan 2003

Tabel 5.32 Kemiringan DAS Klanduan 2003

| Segmen | i     | V(km/jam) |
|--------|-------|-----------|
| 1      | 0,041 | 10,593    |
| 2      | 0,029 | 8,605     |
| 3      | 0,034 | 9,467     |
| 4      | 0,021 | 7,090     |

Contoh Perhitungan segmen I :

$$V = 72.(i)^{0,6}$$

$$= 72X(0,041)^{0,6} = 10,593 \text{ km/jam}$$

## 2. Menghitung Waktu Konsentrasi

Tabel 5.33 Waktu Konsentrasi DAS Klanduan 2003

| Segmen | L(km <sup>2</sup> ) | V(km/jam) | t(jam) |
|--------|---------------------|-----------|--------|
| 1      | 0,995               | 10,593    | 0,094  |
| 2      | 3,215               | 8,605     | 0,374  |
| 3      | 1,409               | 9,467     | 0,149  |
| 4      | 0,99                | 7,090     | 0,140  |

Contoh Perhitungan segmen I :

$$t = \frac{L}{V}$$

$$= \frac{0,995}{10,593} = 0,094 \text{ jam}$$

## 3. Menghitung Intensitas Hujan ( I )

Tabel 5.34 Perhitungan Intensitas Hujan

| Periode tahun | R <sub>24</sub> (mm/hari) | t(jam) | I(mm/jam) |
|---------------|---------------------------|--------|-----------|
| 2             | 133,679                   | 0,094  | 223,342   |
| 5             | 169,095                   | 0,094  | 282,512   |
| 10            | 192,539                   | 0,094  | 321,681   |
| 20            | 215,046                   | 0,094  | 359,284   |
| 50            | 244,179                   | 0,094  | 407,957   |
| 100           | 265,998                   | 0,094  | 444,411   |

Contoh pada periode ulang 2 Tahun :

$$\begin{aligned}
 I_{2\text{Tahun}} &= \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{133,679}{24} \times \left( \frac{24}{0,094} \right)^{2/3} = 223,342 \text{ mm / jam}
 \end{aligned}$$

## 4. Menghitung Debit Banjir

Tabel 5.35 Perhitungan Debit Banjir

| Periode tahun | I(mm/jam) | C      | A(km <sup>2</sup> ) | Q(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-----------|--------|---------------------|------------------------|
| 2             | 223,342   | 0,4745 | 0,722               | 21,254                 |
| 5             | 282,512   | 0,4745 | 0,722               | 26,885                 |
| 10            | 321,681   | 0,4745 | 0,722               | 30,612                 |
| 20            | 359,284   | 0,4745 | 0,722               | 34,191                 |
| 50            | 407,957   | 0,4745 | 0,722               | 38,823                 |
| 100           | 444,411   | 0,4745 | 0,722               | 42,292                 |

Contoh pada periode ulang 2 Tahun :

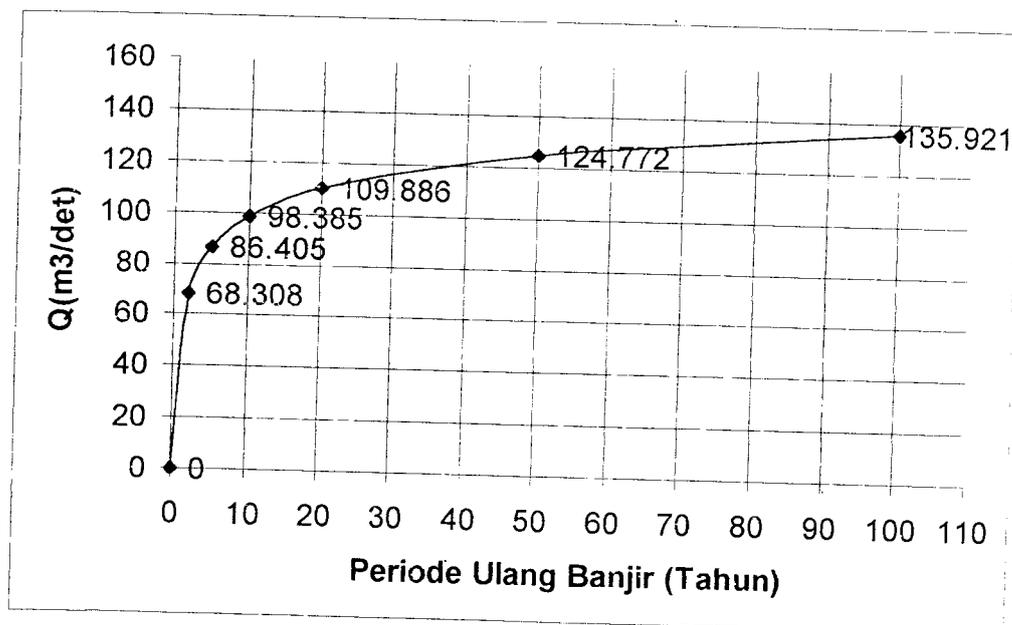
$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A \\
 &= \frac{1}{3,6} \times 0,4745 \times 223,342 \times 0,722 = 21,254 \text{ m}^3 / \text{det}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Menggunakan Metode Mononobo

Pada perhitungan metoda mononobo segmen I,II,III, dan IV memiliki langkah penyelesaian yang sama dengan poin 5.8.3 hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada lampiran 17. Hasil DAS Klanduan Tahun 2003 yang telah dihitung menggunakan metode tersebut ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 5.36 Hasil Hitungan Metoda Mononobo Segmen I,II, III, dan IV Periode 2003

| Periode tahun | QI(m <sup>3</sup> /det) | QII(m <sup>3</sup> /det) | QIII(m <sup>3</sup> /det) | QIV(m <sup>3</sup> /det) | QTot(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 2             | 21,254                  | 17,485                   | 18,303                    | 11,266                   | 68,308                    |
| 5             | 26,885                  | 22,117                   | 23,152                    | 14,251                   | 86,405                    |
| 10            | 30,612                  | 25,183                   | 26,362                    | 16,227                   | 98,385                    |
| 20            | 34,191                  | 28,127                   | 29,443                    | 18,124                   | 109,886                   |
| 50            | 38,823                  | 31,938                   | 33,432                    | 20,579                   | 124,772                   |
| 100           | 42,292                  | 34,792                   | 36,420                    | 22,418                   | 135,921                   |



Grafik 5.21 Grafik Debit maksimum DAS Klanduan Tahun 2003

## BAB VI

### PEMBAHASAN

#### 6.1 Umum

Tugas akhir ini menganalisis tentang hubungan antara curah hujan sesaat dengan karakteristik air larian pada sungai Klanduan yang berada di depan Masjid kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia. Peneliti mencari parameter-parameter yang mempengaruhi perubahan air limpasan (*run off*) yang terjadi di DAS Klanduan.

Dari hasil penelitian tersebut, ternyata perubahan tata guna lahan dari tahun 1989 sampai tahun 2003 mempengaruhi siklus hidrologi yang terjadi. Air hujan yang jatuh ke bumi sebagian menguap, sebagian meresap kedalam tanah (*infiltrasi*), dan sebagian melimpas (*runoff*). Hal ini ditandai dengan adanya perubahan yang terjadi pada debit limpasan DAS Klanduan baik yang dihitung dengan Metode Rasional maupun dengan perhitungan Metode Mononobo. Pada perhitungan Metode Rasional debit limpasan DAS Klanduan dengan waktu ljaman (60 menitan) dengan periode ulang 2 tahun yang terjadi pada tahun 1989 adalah  $17,601 \text{ m}^3/\text{det}$  sedangkan pada tahun 2003 adalah  $19,738 \text{ m}^3/\text{det}$ . Kenaikan debit limpasan dari periode tahun dan waktu yang berbeda terus ditemui kenaikan debit limpasannya. Sedangkan pada perhitungan dengan menggunakan Metode Mononobo juga ditemui kenaikan debit limpasan DAS Klanduan hal ini dibuktikan pada periode ulang 2 tahun, pada tahun 1989 debit limpasan yang terjadi adalah  $61,741 \text{ m}^3/\text{det}$  sedangkan pada tahun 2003 debit limpasan yang terjadi adalah  $68,308 \text{ m}^3/\text{det}$ . Kenaikan yang terjadi terus ditemui pada perhitungan-perhitungan

selanjutnya. Yang menjadikan perbedaan antara perhitungan Metode Rasional dengan Metode Mononobo adalah debit limpasan yang didapat dari perhitungan Metode Rasional lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan Metode Mononobo hal ini dikarenakan parameter yang dipakai pada kedua metode ini memiliki nilai ketelitian yang berbeda, pada Metode Rasional koefisien limpasan yang digunakan adalah dari hasil data yang telah diolah melalui program *GIS (Geographic information system)* sedangkan pada Metode Mononobo koefisien limpasan yang mejadi parameter hitungan diambil dari tabel nilai koefisien limpasan untuk berbagai kawasan yang sumbernya dari *(Dunne dan Leopold, 1978, hlm 300)*. Dari penggunaan koefisien yang berbeda itulah yang menyebabkan hasil debit limpasan berbeda. Dan dengan bertambahnya penduduk di kawasan DAS Klanduan mengakibatkan berubahnya tata guna lahan di daerah tersebut. Sehingga menyebabkan berubahnya pula daya resap tanah terhadap air hujan yang jatuh. Secara tidak langsung hal ini juga mempengaruhi besarnya air yang melimpas pada saat terjadi hujan di kawasan tersebut.

Dari perubahan lahan sebelum dan sesudah Kampus Universitas Islam Indonesia di bangun didapatkan hasil kenaikan karakteristik puncak banjir yang terjadi pada DAS Klanduan. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: sebelum Kampus Terpadu UII di bangun lingkungan daerah sekitar belum mengalami pembangunan yang pesat, sedangkan setelah berdirinya Kampus Terpadu UII banyak sekali di temui pembangunan-pembangunan yang tadinya dari lahan kosong baik berupa daerah persawahan, tegalan dan lain-lain berubah menjadi bangunan seperti kos-kosan, perkantoran, rumah toko, dan warung makan. Secara tidak langsung hal ini

mempengaruhi daya resap kondisi lahan yang tadinya bila terjadi hujan pada daerah yang belum berdiri bangunan di atasnya, air yang jatuh dapat meresap kedalam tanah (*infiltrasi*) dan yang melimpas diatas permukaan tanah hanya sebagian saja. Sedangkan pada daerah yang sudah berubah menjadi bangunan-bangunan dan perkerasan air hujan yang jatuh tidak semuanya masuk kedalam tanah dikaerenakan yang tadinya dapat meresap air kedalam tanah setelah adanya pemadatan dan pembangunan mengalami kesulitan untuk meresap kedalam tanah, pada kondisi seperti ini air yang jatuh banyak yang melimpas diatas permukaan dan langsung mengalir kepermukaan yang lebih rendah yaitu sungai Klanduan. Hal yang harus diperhatikan dalam pembangunan agar debit banjir yang terjadi pada DAS Klanduan tidak mengalami kenaikan yang tinggi dari tahun ke tahun adalah merencanakan bangunan yang baik dengan membuat sumur-sumur resapan, saluran air dengan tujuan air hujan yang jatuh tidak semuanya melimpas diatas permukaan saja melainkan sebagian meresap kedalam tanah.

## 6.2 Hasil Analisis Tata guna lahan dan Perbandingan hitungan Debit Banjir

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan diatas, maka dapat diambil kesimpulan mengenai hubungan antara curah hujan sesaat dengan karakteristik air larian pada sungai Klanduan (studi kasus di kawasan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia) sebagai berikut :

1. Dengan adanya pembangunan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia maka pengaruhnya sudah dapat dilihat saat ini, seperti banyaknya pembangunan gedung-gedung baru misalnya bangunan kost, warung, kantor dan bangunan lain sebagai konsekuensi bertambahnya jumlah penduduk di kawasan tersebut. Dengan perkembangan yang pesat sedemikian rupa maka akan dapat menimbulkan masalah lingkungan khususnya yang berhubungan dengan pemanfaatan tata guna lahan. Dari lahan yang tadinya tidak memiliki bangunan yang berdiri diatasnya yang dengan perkembangan bertambahnya penduduk maka lahan yang tadinya kosong berubah menjadi bangunan-bangunan yang berdiri kokoh maka sudah barang tentu kondisi lahan mengalami perubahan seiring bertambahnya penduduk dan pembangunan yang dilakukan oleh masyarakat sekitar Kampus Terpadu UII.
2. Perubahan guna lahan pada kawasan DAS Klanduan dari tahun 1989 (sebelum Kampus Terpadu dibangun) sampai dengan tahun 2003 (setelah Kampus Terpadu dibangun), telah mempengaruhi air limpasan pada sungai Klanduan. Ditandai dengan meningkatnya debit limpasan pada sungai Klanduan. Selain itu dengan meningkatnya pembanguanan di kawasan Kampus Terpadu, vegetasi

yang ada menjadi berkurang. Hal ini mempengaruhi daya resap tanah terhadap air yang akan berakibat meningkatnya debit limpasan Sungai Klanduan. Ada pun perbandingan debit limpasan DAS Klanduan tahun 1989 dan tahun 2005 sebagai berikut :

## Metode Rasional

Tabel 6.1 Perbandingan Debit Limpasan DAS Klanduan Metode Rasional

| t ( menit ) | Air Limpasan Permukaan DAS Klanduan (m <sup>3</sup> /det ) |        |                     |        |                      |        |                      |        |                      |        |                       |        |
|-------------|--|--------|---------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
|             | Q <sub>2tahun</sub>  |        | Q <sub>5tahun</sub> |        | Q <sub>10tahun</sub> |        | Q <sub>20tahun</sub> |        | Q <sub>50tahun</sub> |        | Q <sub>100tahun</sub> |        |
|             | 1989   | 2003   | 1989                | 2003   | 1989                 | 2003   | 1989                 | 2003   | 1989                 | 2003   | 1989                  | 2003   |
| 60          | 17,601   | 19,738 | 20,868              | 23,401 | 23,918               | 26,822 | 27,887               | 31,273 | 32,156               | 36,060 | 35,524                | 39,836 |
| 120         | 9,098  | 10,203 | 15,918              | 17,850 | 19,839               | 22,247 | 22,933               | 25,717 | 27,669               | 31,028 | 31,213                | 35,001 |
| 180         | 6,135  | 6,880  | 12,866              | 14,428 | 16,949               | 19,006 | 20,182               | 22,631 | 24,993               | 28,027 | 28,553                | 32,020 |
| 240         | 4,628  | 5,189  | 10,796              | 12,107 | 14,793               | 16,589 | 18,328               | 20,553 | 23,109               | 25,914 | 26,640                | 29,874 |
| 360         | 3,103  | 3,479  | 8,168               | 9,160  | 11,794               | 13,225 | 15,881               | 17,609 | 20,514               | 23,005 | 23,948                | 26,855 |

## Metode Mononobo

Tabel 6.2 Perbandingan Debit limpasan DAS Klanduan Metode Mononobo

| Debit Air Limpasan Permukaan DAS Klanduan (m <sup>3</sup> /det) |        |                     |        |                      |        |                      |         |                      |         |                       |         |
|---|--------|---------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|---------|----------------------|---------|-----------------------|---------|
| Q <sub>2tahun</sub>   |        | Q <sub>5tahun</sub> |        | Q <sub>10tahun</sub> |        | Q <sub>20tahun</sub> |         | Q <sub>50tahun</sub> |         | Q <sub>100tahun</sub> |         |
| 1989  | 2003   | 1989                | 2003   | 1989                 | 2003   | 1989                 | 2003    | 1989                 | 2003    | 1989                  | 2003    |
| 61,741  | 68,308 | 78,098              | 86,405 | 88,926               | 98,385 | 99,321               | 109,886 | 112,776              | 124,772 | 122,854               | 135,921 |

3. Perbedaan hasil perhitungan dua metode ini sangat mencolok, ini disebabkan oleh perbedaan parameter debit limpasan yang digunakan oleh setiap metode tersebut, sebagai contoh Metode Mononobo menggunakan parameter Intensitas Hujan 24 jaman, kemudian dihubungkan dengan tabel koefisien limpasan yang berdasarkan pada guna lahan di kawasan DAS tersebut. Sehingga memiliki harga-harga yang sesuai, dan membentuk grafik positif (grafik naik). Sedangkan parameter Koefisien limpasan Metode Rasional menggunakan parameter Intensitas Hujan per jaman (1,2,3,4, dan 6 jaman), kemudian dihubungkan dengan tabel koefisien limpasan yang berdasarkan pada guna lahan di kawasan DAS tersebut yang didapat dari hasil analisis menggunakan *GIS (Geographic information system)*. Dapat dilihat bahwa perbedaan ini sangat mendasar menyebabkan perhitungan dengan Metode Mononobo tidak sensitive terhadap perubahan guna lahan pada kawasan DAS tertentu tetapi akan lebih sensitive terhadap perubahan Meteorologi dengan data curah hujan maksimum tiap 24 jam. Dibandingkan dengan Metode Rasional yang dapat sangat sensitive dengan perubahan guna lahan dan dapat menggunakan data curah hujan jangka pendek, sesuai dengan sifat umum hujan yaitu semakin singkat hujan berlangsung maka Intensitasnya cenderung semakin tinggi.
4. Melihat perbandingan hasil perhitungan dan parameter-parameter yang digunakan oleh Metode Rasional dan Metode Mononobo, maka Metode Rasional dinilai paling baik digunakan untuk DAS Klanduan karena pada metode Rasional cara perhitungannya lebih spesifik.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

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

1. Dengan menggunakan program SIG maka dapat dilihat dengan jelas perubahan luas tata guna lahan seperti tercantum dalam halaman 72. Sehingga hal ini memerlukan pemikiran yang cukup serius.
2. Untuk intensitas curah hujan rumus Thalbot dan Ishiguro cocok digunakan untuk jangka waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam dan jika waktunya hanya 1 jam digunakan rumus Sherman.
3. Air limpasan yang terjadi untuk kawasan kampus dan disekitar kampus terpadu Universitas Islam Indonesia bertambah besar, hal ini dibuktikan dengan hasil analisis atau perhitungan yang didapatkan. Pada debit limpasan DAS Klanduan dengan menggunakan perhitungan Metode Rasional didapatkan debit dengan periode ulang 2 tahunan dengan waktu 60 menit pada tahun 1989 adalah 17,601 m<sup>3</sup>/det dan pada tahun 2003 adalah 19,738 m<sup>3</sup>/det kenaikan debit limpasan juga terjadi pada tahun dan waktu yang telah diperhitungkan pada periode yang berbeda. Sedangkan perhitungan debit limpasan DAS Klanduan dengan menggunakan Metode Mononobo debit limpasan 2 tahun pada tahun 1989 adalah 61,741 m<sup>3</sup>/det dan pada tahun 2003 adalah 68,308 m<sup>3</sup>/det kenaikan debit

pada debit periode tahun yang berbeda. Dengan berkurangnya lahan terbuka dan vegetasi yang berubah menjadi bangunan-bangunan gedung, kost, warung dan lain sebagainya hal ini mempengaruhi karakteristik puncak banjir yang terjadi pada DAS Klanduan yang didapati kenaikan debit dari tahun ketahun.

## 7.2 Saran

Untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai hubungan antara curah hujan sesaat dengan karakteristik air larian pada sungai Klanduan (studi kasus dikawasan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia) maka perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut :

1. Perlu adanya penelitian dengan menggunakan analisis frekuensi dengan rumus-rumus yang lain. Penelitian ini menggunakan rumus periode ulang maksimum Gumbel.
2. Perlu penelitian dengan memperbanyak data curah hujan sekunder dari stasiun-stasiun pengamatan curah hujan terdekat dengan daerah penelitian sehingga didapat hasil yang lebih signifikan dari data curah hujan tersebut.
3. Perlu adanya penelitian perhitungan air limpasan dengan menggunakan rumus-rumus yang lain sehingga didapat hasil perhitungan yang lebih beragam sebagai pembanding. Penelitian perhitungan air limpasan ini menggunakan Metode Rasional dan Metode Mononobo.
4. Perlu adanya penelitian debit puncak banjir dengan kala ulang  $t$  tahun yang lebih beragam sehingga didapat hasil yang lebih beragam pula sebagai

perencanaan saluran drainasi. Pada penelitian ini perhitungan debit puncak banjir dilakukan pada periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

5. Dengan bertambahnya kawasan kedap air pada DAS Klanduan, maka perlu adanya penanggulangan terhadap air limpasan yang diakibatkannya, untuk menahan laju pertumbuhan penduduk pada kawasan DAS tersebut. Merupakan pekerjaan yang sulit karena laju pertumbuhan ekonomi yang sangat pesat pada kawasan DAS tersebut, sehingga yang paling efektif dilakukan adalah membentuk suatu daerah resapan pada DAS Klanduan sebagai penyeimbang air limpasan yang tidak meresap ke dalam tanah, atau membangun sumur-sumur resapan pada daerah kedap air seperti pemukiman, jalan aspal, yang didisain memiliki kapasitas resapan air yang sama sebelum bangunan tersebut berdiri sehingga debit air limpasan permukaan dapat ditampung Sungai Klanduan dan tidak terjadi banjir.

$$t = 20 ; Y_{t=20} = 2,970$$

$$t = 50 ; Y_{t=50} = 3,902$$

$$t = 100 ; Y_{t=100} = 4,600$$

6. Menghitung Intensitas hujan dengan periode ulang  $t$  tahun ( $X_t$ )

$$X_T = U + \alpha \cdot Y_t$$

$$X_{T=2} = 25,245 + (18,633 \times 0,367) = 32,074 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=5} = 25,245 + (18,633 \times 1,500) = 53,193 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=10} = 25,245 + (18,633 \times 2,250) = 67,175 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=20} = 25,245 + (18,633 \times 3,902) = 80,588 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=50} = 25,245 + (18,633 \times 3,902) = 97,949 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=100} = 25,245 + (18,633 \times 4,600) = 110,958 \text{ mm/jam}$$

### Menghitung Intensitas Hujan 180 menitan

1. Dengan SPSS Didapat standar deviasi = 21,891
2. Menghitung nilai  $\alpha$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} 21,891 = 17,077$$

3. Menghitung rata – rata curah hujan 180 menitan

$$\bar{X} = \frac{(29,167 + 23,500 + 16,500 + 33,333)}{4} = 25,625 \text{ mm / jam}$$

4. Menghitung jenis – jenis sebaran

$$U = \bar{X} - 0,5772\alpha$$

$$U = 25,625 - (0,5772 \times 17,077) = 15,768$$

5. Menghitung intensitas hujan periode ulang t tahun (  $Y_t$  ).

Untuk menghitung intensitas hujan periode ulang t tahun digunakan rumus:

$$Y_t = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Bagi periode ulang 2 tahun, t untuk 2 tahun diperoleh dari :

$$Y_{t=2} = -\ln ( \ln 2 ) = 0,367$$

Untuk periode ulang lamanya didapat ;

$$t = 5 ; Y_{t=5} = 1,500$$

$$t = 10 ; Y_{t=10} = 2,250$$

$$t = 20 ; Y_{t=20} = 2,970$$

$$t = 50 ; Y_{t=50} = 3,902$$

$$t = 100 ; Y_{t=100} = 4,600$$

6. Menghitung Intensitas hujan dengan periode ulang t tahun (  $X_t$  )

$$X_T = U + \alpha.Y_t$$

$$X_{T=2} = 15,768 + (17,077 \times 0,367) = 22,027 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=5} = 15,768 + (17,077 \times 1,500) = 41,383 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=10} = 15,768 + (17,077 \times 2,250) = 54,198 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=20} = 15,768 + (17,077 \times (2,970)) = 66,491 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=50} = 15,768 + (17,077 \times (3,902)) = 82,402 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=100} = 15,768 + (17,077 \times (4,600)) = 94,326 \text{ mm/jam.}$$

### Menghitung Intensitas Hujan 240 menitan

1. Dengan SPSS Didapat standar deviasi = 21,683
2. Menghitung nilai  $\alpha$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} 21,683 = 16,915$$

3. Menghitung rata – rata curah hujan 180 menitan

$$\bar{X} = \frac{(21,875 + 17,625 + 12,500 + 25.000)}{4} = 19,250 \text{ mm / jam}$$

4. Menghitung jenis – jenis sebaran

$$U = \bar{X} - 0,5772\alpha$$

$$U = 19,250 - (0,5772 \times 16,915) = 9,487$$

5. Menghitung intensitas hujan periode ulang t tahun (  $Y_t$  ).

Bagi periode ulang 2 tahun, t untuk 2 tahun diperoleh dari :

Untuk menghitung intensitas hujan periode ulang t tahun digunakan rumus:

$$Y_t = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

$$Y_{t=2} = -\ln (\ln 2) = 0,367$$

Untuk periode ulang lamanya didapat :

$$t = 5 ; Y_{t=5} = 1,500$$

$$t = 10 ; Y_{t=10} = 2,250$$

$$t = 20 ; Y_{t=20} = 2,970$$

$$t = 50 ; Y_{t=50} = 3,902$$

$$t = 100 ; Y_{t=100} = 4,600$$

6. Menghitung Intensitas hujan dengan periode ulang  $t$  tahun ( $X_t$ )

$$X_T = U + \alpha \cdot Yt$$

$$X_{T=2} = 9,487 + (16,915 \times 0,367) = 15,686 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=5} = 9,487 + (16,915 \times 1,500) = 34,858 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=10} = 9,487 + (16,915 \times 2,250) = 47,552 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=20} = 9,487 + (16,915 \times 2,970) = 59,728 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=50} = 9,487 + (16,915 \times 3,902) = 75,488 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=100} = 9,487 + (16,915 \times 4,600) = 87,298 \text{ mm/jam}$$

### Menghitung Intensitas Hujan 360 menit

1. Dengan SPSS Didapat standar deviasi = 21,732
2. Menghitung nilai  $\alpha$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} 21,732 = 16,953$$

3. Menghitung rata – rata curah hujan 360 menit

$$\bar{X} = \frac{(14,633+11,750+8,333+16,667)}{4} = 12,846 \text{ mm / jam}$$

4. Menghitung jenis – jenis sebaran

$$U = \bar{X} - 0,5772\alpha$$

$$U = 12,846 - (0,5772 \times 16,953) = 3,060$$

5. Menghitung intensitas hujan periode ulang t tahun ( Yt ).

Untuk menghitung intensitas hujan periode ulang t tahun digunakan rumus:

$$Y_t = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Bagi periode ulang 2 tahun, t untuk 2 tahun diperoleh dari :

$$Y_{t=2} = -\ln ( \ln 2 ) = 0,367$$

Untuk periode ulang lamanya didapat ;

$$t = 5 ; Y_{t=5} = 1,500$$

$$t = 10 ; Y_{t=10} = 2,250$$

$$t = 20 ; Y_{t=20} = 2,970$$

$$t = 50 ; Y_{t=50} = 3,902$$

$$t = 100 ; Y_{t=100} = 4,600$$

6. Menghitung Intensitas hujan dengan periode ulang t tahun ( Xt )

$$X_T = U + \alpha.Y_t$$

$$X_{T=2} = 3,060 + (16,953 \times 0,367) = 9,274 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=5} = 3,060 + (16,953 \times 1,500) = 28,489 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=10} = 3,060 + (16,953 \times (2,250)) = 41,211 \text{ mm/jam.}$$

$$X_{T=20} = 3,060 + (16,953 \times (2,970)) = 53,415 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=50} = 3,060 + (16,953 \times (3,902)) = 69,211 \text{ mm/jam}$$

$$X_{T=100} = 3,060 + (16,953 \times (4,600)) = 81,047 \text{ mm/jam}$$

## Lampiran 2

### Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas

#### 1. Jenis I menggunakan Rumus Thalbot (1881)

$$a = \frac{[It][I^2] - [I^2t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[36676,226][11520,448] - [1528707,787][228,291]}{5[11520,448] - [228,291][228,291]} = 13406,032$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[228,291][36676,226] - 5[1528707,787]}{5[11520,448] - [228,291][228,291]} = 132,961$$

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$\text{Untuk } t = \text{tahun } 1989 \quad t = 52,2 ; I = \frac{13406,032}{52,2 + (132,961)} = 72,402 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = \text{tahun } 2003 \quad t = 56,28 ; I = \frac{13406,032}{56,28 + (132,961)} = 70,84 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 60 ; I = \frac{13406,032}{60 + (132,961)} = 69,475 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=120 ; I = \frac{13406,032}{120+(132,961)} = 52,996 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=180 ; I = \frac{13406,032}{180+(132,961)} = 42,836 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=240 ; I = \frac{13406,032}{240+(132,961)} = 35,945 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=360 ; I = \frac{13406,032}{360+(132,961)} = 27,195 \text{ mm/jam}$$

## 2. Jenis II menggunakan Sherman ( 1905 )

$$\log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$\log a = \frac{[8,187][24,771] - [17,909][11,049]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 2,776$$

$$a = 597.035$$

$$k = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$k = \frac{[8,187][11,049] - 5[17,909]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 0,515$$

$$I = \frac{a}{t^k}$$

$$\text{Untuk } t=60 ; I = \frac{597,035}{60^{0,515}} = 72,445 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=120 ; I = \frac{597,035}{120^{0,515}} = 50,691 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=180 ; I = \frac{597,035}{180^{0,515}} = 41,136 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=240 ; I = \frac{597,035}{240^{0,515}} = 35,470 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=360 ; I = \frac{597,035}{360^{0,515}} = 28,784 \text{ mm/jam}$$

### 3. Jenis III menggunakan Rumus Ishiguro ( 1953 )

$$a = \frac{[I\sqrt{t}][I^2] - [I^2\sqrt{t}][I^2]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[2763,544][11520,448] - [126551,088][11520,448]}{5[11520,448] - [228,291][228,291]} = 537,208$$

$$b = \frac{[I][I\sqrt{t}] - [I^2\sqrt{t}]N}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[228,291][2763,544] - [126551,088]5}{5[11520,448] - [228,291][228,291]} = -0,339$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

$$\text{Untuk } t=60 ; I = \frac{537,208}{\sqrt{60} + (-0,339)} = 72,532 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=120 ; I = \frac{537,208}{\sqrt{120} + (-0,339)} = 50,609 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=180 ; I = \frac{537,208}{\sqrt{180} + (-0,339)} = 41,081 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=240 ; I = \frac{537,208}{\sqrt{240} + (-0,339)} = 35,454 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=360 ; I = \frac{537,208}{\sqrt{360} + (-0,339)} = 28,829 \text{ mm/jam}$$

Tabel 5.37 Perbandingan Kecocokan Rumus – Rumus Intensitas Hujan

| No              | t   | I      | Thalbot |          | Sherman |          | Ishiguro |          |
|-----------------|-----|--------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
|                 |     |        | I       | $\alpha$ | I       | $\alpha$ | I        | $\alpha$ |
| 1               | 60  | 70,368 | 69,475  | -0,893   | 72,445  | 2,076    | 72,532   | 3,057    |
| 2               | 120 | 53,193 | 52,996  | -0,197   | 50,691  | -2,502   | 50,609   | -2,388   |
| 3               | 180 | 41,383 | 42,836  | 1,453    | 41,136  | -0,247   | 41,081   | -1,755   |
| 4               | 240 | 34,858 | 35,945  | 1,087    | 35,470  | 0,612    | 35,454   | -0,491   |
| 5               | 360 | 28,489 | 27,195  | -1,294   | 28,784  | 0,295    | 28,829   | 1,634    |
| $\sum  \alpha $ |     |        |         | 2,017    |         | 5,732    |          | 9,326    |
| $M(s)$          |     |        |         | 0,403    |         | 1,146    |          | 1,865    |

Karna deviasi rata-rata ( $M(s)$ ) dari tabel 5.8 perbandingan kecocokan rumus-rumus intensitas hujan untuk periode ulang 5 tahunan yang paling terkecil adalah jenis I (Thalbot 1881), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis I (Thalbot 1881).

### Lampiran 3

#### Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas

##### 1. Jenis I menggunakan Rumus Thalbot (1881)

$$a = \frac{[It][I^2] - [I^2t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[48878,560][17845,301] - [2610481,139][128290,360]}{5[17845,301] - [290,360][290,360]} = 23237,455$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[290,360][48878,560] - 5[2610481,139]}{5[17845,301] - [290,360][290,360]} = 231,811$$

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$\text{Untuk tc tahun 1989 } t = 52,2 ; I = \frac{23237,455}{52,2 + (231,811)} = 81,819 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk tc tahun 2003 } t = 56,28 ; I = \frac{23237,455}{56,28 + (231,811)} = 80,660 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 60 ; I = \frac{23237,455}{60 + (231,811)} = 79,632 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 120 ; I = \frac{23237,455}{120 + (231,811)} = 66,051 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 180 ; I = \frac{23237,455}{180 + (231,811)} = 56,427 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 240 ; I = \frac{23237,455}{240 + (231,811)} = 49,252 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 360 ; I = \frac{23237,455}{360 + (231,811)} = 39,265 \text{ mm/jam}$$

## 2. Jenis II menggunakan Sherman ( 1905 )

$$\log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$\log a = \frac{[8,758][24,771] - [19,216][11,049]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 2,603$$

$$a = 400,867$$

$$k = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$k = \frac{[8,758][11,049] - 5[19,216]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 0,385$$

$$I = \frac{a}{t^k}$$

$$\text{Untuk } t=60 ; I = \frac{400,867}{60^{0,385}} = 82,778 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=120 ; I = \frac{400,867}{120^{0,385}} = 63,378 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=180 ; I = \frac{400,867}{180^{0,385}} = 54,212 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=240 ; I = \frac{400,867}{240^{0,385}} = 48,524 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=360 ; I = \frac{400,867}{360^{0,385}} = 41,506 \text{ mm/jam}$$

### 3. Jenis III menggunakan Rumus Ishigoroh ( 1953 )

$$a = \frac{[I\sqrt{t}][I^2] - [I^2\sqrt{t}][I^2]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[3603,017][17845,301] - [205947,682][17845,301]}{5[17845,301] - [290,360][290,360]} = 914,662$$

$$b = \frac{[I][I\sqrt{t}] - [I\sqrt{t}][N]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[290,360][3603,017] - [3603,017]5}{5[17845,301] - [290,360][290,360]} = 3,342$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

$$\text{Untuk } t=60 ; I = \frac{914,662}{\sqrt{60} + (3,342)} = 82,491 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 120 ; I = \frac{914,662}{\sqrt{120 + (3,342)}} = 63,980 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 180 ; I = \frac{914,662}{\sqrt{180 + (3,342)}} = 54,580 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 240 ; I = \frac{914,662}{\sqrt{240 + (3,342)}} = 48,565 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 360 ; I = \frac{914,662}{\sqrt{360 + (3,342)}} = 40,988 \text{ mm/jam}$$

Tabel 5.38 Perbandingan Kecocokan Rumus – Rumus Intensitas Hujan

| no              | t   | I      | Thalbot |        | Sherman |        | Ishiguro |        |
|-----------------|-----|--------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|
|                 |     |        | I       | A      | I       | α      | I        | α      |
| 1               | 60  | 80,223 | 79,632  | -0,592 | 82,778  | 2,555  | 82,494   | 2,862  |
| 2               | 120 | 67,175 | 66,051  | -1,125 | 63,378  | -3,798 | 63,980   | -2,071 |
| 3               | 180 | 54,138 | 56,427  | 2,229  | 54,212  | 0,014  | 54,580   | -1,847 |
| 4               | 240 | 47,552 | 49,252  | 1,700  | 48,524  | 0,972  | 48,565   | -0,686 |
| 5               | 360 | 41,211 | 39,265  | -1,946 | 41,506  | 0,295  | 40,988   | 1,723  |
| $\sum  \alpha $ |     |        |         | 7,592  |         | 7,634  |          | 9,190  |
| $M(s)$          |     |        |         | 1,518  |         | 1,527  |          | 1,838  |

Karna deviasi rata-rata ( $M(s)$ ) dari tabel 5.10 perbandingan kecocokan rumus-rumus intensitas hujan untuk periode ulang 10 tahunan yang paling terkecil adalah jenis I (Thalbot 1881), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis I (Thalbot 1881).

#### Lampiran 4

#### Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas

##### 1. Jenis I menggunakan Rumus Thalbot (1881)

$$\alpha = \frac{[It][I^2] - [I^2t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[60583,332][25377,833] - [3940918,846][349,897]}{5[25377,833] - [349,897][349,897]} = 35543,153$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[349,897][60583,332] - 5[3940918,846]}{5[25377,833] - [349,897][349,897]} = 334,762$$

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$\text{Untuk } t = 60 ; I = \frac{35543,153}{60 + (334,762)} = 90,037 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 120 ; I = \frac{35543,153}{120 + (334,762)} = 78,158 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 180 ; I = \frac{35543,153}{180 + (334,762)} = 69,048 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 240 ; I = \frac{35543,153}{240 + (334,762)} = 61,840 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 360 ; I = \frac{35543,153}{360 + (334,762)} = 51,159 \text{ mm/jam}$$

## 2. Jenis II menggunakan Sherman ( 1905 )

$$\log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$\log a = \frac{[9,186][24,771] - [20,191][11,049]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 2,509$$

$$a = 322,849$$

$$k = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$k = \frac{9,186[11,049] - 5[20,191]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 0,304$$

$$I = \frac{a}{t^k}$$

$$\text{Untuk } t = 60 ; I = \frac{322,849}{60^{0,304}} = 92,888 \text{ m/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 120 ; I = \frac{322,849}{120^{0,304}} = 75,225 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 180 ; I = \frac{322,849}{180^{0,304}} = 66,494 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 240 ; I = \frac{322,849}{240^{0,304}} = 60,921 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 360 ; I = \frac{322,849}{360^{0,304}} = 53,851 \text{ mm/jam}$$

### 3. Jenis III menggunakan Rumus Ishiguro ( 1953 )

$$a = \frac{[I\sqrt{t}][I^2] - [I^2\sqrt{t}][I^2]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[4408,261][25377,833] - [302148,855][25377,833]}{5[25377,833] - [349,897][349,897]} = 1378,852$$

$$b = \frac{[I][I\sqrt{t}] - [I\sqrt{t}][N]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[349,897][4408,261] - [4408,261]5}{5[25377,833] - [349,897][349,897]} = 7,105$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

$$\text{Untuk } t = 1989 \text{ tahun } t = 52,2 ; I = \frac{1378,852}{\sqrt{52,2 + (7,105)}} = 96,222 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 2003 \text{ tahun } t = 56,28 ; I = \frac{1378,852}{\sqrt{56,28 + (7,105)}} = 94,397 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 60 ; I = \frac{1378,852}{\sqrt{60 + (7,105)}} = 92,846 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 120 ; I = \frac{1378,852}{\sqrt{120 + (7,105)}} = 76,351 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 180 ; I = \frac{1378,852}{\sqrt{180 + (7,105)}} = 67,191 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 240 ; I = \frac{1378,852}{\sqrt{240 + (7,105)}} = 61,020 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 360 ; I = \frac{1378,852}{\sqrt{360 + (7,105)}} = 52,873 \text{ mm/jam}$$

Tabel 5.39 Perbandingan Kecocokan Rumus – Rumus Intensitas Hujan

| no              | t   | I      | Thalbot |          | Sherman |          | Ishiguro |          |
|-----------------|-----|--------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
|                 |     |        | I       | $\alpha$ | I       | $\alpha$ | I        | $\alpha$ |
| 1               | 60  | 89,677 | 90,037  | 0,360    | 92,888  | 3,211    | 92,846   | 2,809    |
| 2               | 120 | 80,588 | 78,158  | -2,430   | 75,225  | -5,362   | 76,351   | -1,807   |
| 3               | 180 | 66,491 | 69,048  | 2,557    | 66,494  | 0,004    | 67,191   | -1,857   |
| 4               | 240 | 59,728 | 61,840  | 2,112    | 60,921  | 1,194    | 61,020   | -0,820   |
| 5               | 360 | 53,415 | 51,159  | -2,256   | 53,851  | 0,436    | 52,873   | 1,714    |
| $\sum  \alpha $ |     |        |         | 9,715    |         | 10,207   |          | 9,007    |
| $M(s)$          |     |        |         | 1,943    |         | 2,041    |          | 1,801    |

Karna deviasi rata-rata ( $M(s)$ ) dari tabel 5.12 perbandingan kecocokan rumus-rumus intensitas hujan untuk periode ulang 20 tahunan yang paling terkecil adalah jenis III (Ishiguro 1953), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis III (Ishiguro 1953).

## Lampiran 5

### Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas

#### 1. Jenis I menggunakan Rumus Thalbot (1881)

$$a = \frac{[It][I^2] - [I^2t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[75733,958][37258,916] - [6088736,127][426,963]}{5[37258,916] - [426,963][426,963]} = 55561,137$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[426,963][75733,958] - 5[6088736,127]}{5[37258,916] - [426,963][426,963]} = 473,277$$

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$\text{Untuk } t=60; I = \frac{55561,137}{60 + (473,277)} = 104,188 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=120; I = \frac{55561,137}{120 + (473,277)} = 93,651 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=180; I = \frac{55561,137}{180 + (473,277)} = 85,050 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=240; I = \frac{55561,137}{240 + (473,277)} = 77,896 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=360; I = \frac{55561,137}{360 + (473,277)} = 69,211 \text{ mm/jam}$$

#### 2. Jenis II menggunakan Sherman (1905)

$$\log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$\log a = \frac{[9,633][24,711] - [21,205][11,049]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 2,440$$

$$a = 275,423$$

$$k = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$k = \frac{[9,633][11,049] - 5[21,205]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 0,232$$

$$I = \frac{a}{t^k}$$

$$\text{Untuk } t = 60 ; I = \frac{275,423}{60^{0,232}} = 106,375 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 120 ; I = \frac{275,423}{120^{0,232}} = 90,551 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 180 ; I = \frac{275,423}{180^{0,232}} = 82,409 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 240 ; I = \frac{275,423}{240^{0,232}} = 77,081 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 360 ; I = \frac{275,423}{360^{0,232}} = 70,150 \text{ mm/jam}$$

### 3. Jenis III menggunakan Rumus Ishiguro ( 1953 )

$$a = \frac{[I\sqrt{t}][I^2] - [I^2\sqrt{t}][I^2]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[5450,566][37258,916] - [455813,080][37258,916]}{5[37258,916] - [426,963][426,963]} = 2118,103$$

$$b = \frac{[I][I\sqrt{t}] - [I\sqrt{t}]N}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[426,963][5450,566] - [5450,566]5}{5[37258,916] - [426,963][426,963]} = 12,038$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

$$\text{Untuk } t = 52,2; I = \frac{2118,103}{\sqrt{52,2} + (12,038)} = 109,957 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 56,28; I = \frac{2118,103}{\sqrt{56,28} + (12,038)} = 108,398 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 60; I = \frac{2118,103}{\sqrt{60} + (12,038)} = 107,059 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 120; I = \frac{2118,103}{\sqrt{120} + (12,038)} = 92,120 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 180; I = \frac{2118,103}{\sqrt{180} + (12,038)} = 83,210 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 240; I = \frac{2118,103}{\sqrt{240} + (12,038)} = 76,937 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 360; I = \frac{2118,103}{\sqrt{360} + (12,038)} = 68,299 \text{ mm/jam}$$

Tabel 5.40 Perbandingan Kecocokan Rumus – Rumus Intensitas Hujan

| No              | t   | I       | Thalbot |          | Sherman |          | Ishiguro |          |
|-----------------|-----|---------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
|                 |     |         | l       | $\alpha$ | l       | $\alpha$ | l        | $\alpha$ |
| 1               | 60  | 101,913 | 104,188 | 2,275    | 106,375 | 4,461    | 107,059  | 2,871    |
| 2               | 120 | 97,949  | 93,651  | -4,297   | 90,551  | -7,398   | 92,120   | -1,531   |
| 3               | 180 | 82,402  | 85,050  | 2,648    | 82,409  | 0,007    | 83,210   | -1,840   |
| 4               | 240 | 75,488  | 77,896  | 2,408    | 77,081  | 1,593    | 76,937   | -0,959   |
| 5               | 360 | 69,211  | 66,678  | -2,533   | 70,150  | 0,940    | 68,299   | 1,621    |
| $\sum  \alpha $ |     |         |         | 14,160   |         | 14,399   |          | 8,822    |
| $M(s)$          |     |         |         | 2,832    |         | 2,880    |          | 1,764    |

Karna deviasi rata-rata ( $M(|s|)$ ) dari tabel 5.14 perbandingan kecocokan rumus-rumus intensitas hujan untuk periode ulang 50 tahunan yang paling terkecil adalah jenis III (Ishiguro 1953), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis III (Ishiguro 1953).

## Lampiran 6

### Perhitungan Kesesuaian Rumus Intensitas

#### 1. Jenis I menggunakan Rumus Thalbot (1881)

$$a = \frac{[It][I^2] - [I^2t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[87087,221][47738,092] - [8013051,354][484,712]}{5[147738,092] - [484,712][484,712]} = 73001,725$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[484,712][87087,221] - 5[8013051,354]}{5[47738,092] - [484,712][484,712]} = 573,374$$

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$\text{Untuk } t=60; I = \frac{73001,725}{60 + (573,374)} = 115,258 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=120; I = \frac{73001,725}{120 + (573,374)} = 105,258 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=180; I = \frac{73001,725}{180 + (573,374)} = 96,900 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=240 ; I = \frac{73001,725}{240 + (573,374)} = 89,752 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=360 ; I = \frac{73001,725}{360 + (573,374)} = 78,213 \text{ mm/jam}$$

## 2. Jenis II menggunakan Sherman ( 1905 )

$$\log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$\log a = \frac{[9,915][24,771] - [21,842][11,049]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 2,410$$

$$a = 257,040$$

$$k = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$k = \frac{[9,915][11,049] - 5[21,842]}{5[24,771] - [11,049][11,049]} = 0,193$$

$$I = \frac{a}{t^k}$$

$$\text{Untuk } t=60 ; I = \frac{257,040}{60^{0,193}} = 116,632 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=120 ; I = \frac{257,040}{120^{0,193}} = 102,028 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=180 ; I = \frac{257,040}{180^{0,193}} = 94,348 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=240 ; I = \frac{257,040}{240^{0,193}} = 89,252 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 360; I = \frac{257,040}{360^{0,193}} = 82,534 \text{ mm/jam}$$

### 3. Jenis III menggunakan Rumus Ishiguro ( 1953 )

$$a = \frac{[I\sqrt{t}[I^2] - [I^2\sqrt{t}[I^2]]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$a = \frac{[6231,626][47738,092] - [592514,546][14043]}{5[47738,092] - [484,712][484,712]} = 2747,213$$

$$b = \frac{[I][I\sqrt{t}] - [I\sqrt{t}]N}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[484,712][6231,626] - [6231,626]5}{5[47738,092] - [484,712][484,712]} = 15,482$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}}$$

$$\text{Untuk } t_c \text{ tahun } 1989 \quad t = 52,2; I = \frac{2747,213}{\sqrt{52,2 + (15,482)}} = 120,986 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t_c \text{ tahun } 2003 \quad t = 56,28; I = \frac{2747,213}{\sqrt{56,28 + (15,482)}} = 119,527 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 60; I = \frac{2747,213}{\sqrt{60 + (15,482)}} = 118,270 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 120; I = \frac{2747,213}{\sqrt{120 + (15,482)}} = 103,917 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 180; I = \frac{2747,213}{\sqrt{180 + (15,482)}} = 95,064 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t = 240; I = \frac{2747,213}{\sqrt{240 + (15,482)}} = 88,694 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Untuk } t=360 ; I = \frac{2747,213}{\sqrt{360 + (15,482)}} = 79,731 \text{ mm/jam}$$

Tabel 5.41 Perbandingan Kecocokan Rumus – Rumus Intensitas Hujan

| no              | t   | I       | Thalbot |          | Sherman |          | Ishiguro |          |
|-----------------|-----|---------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
|                 |     |         | I       | $\alpha$ | I       | $\alpha$ | I        | $\alpha$ |
| 1               | 60  | 111,083 | 115,258 | 4,176    | 116,632 | 5,549    | 118,270  | 3,012    |
| 2               | 120 | 110,958 | 105,285 | -5,673   | 102,028 | -8,930   | 103,917  | -1,368   |
| 3               | 180 | 94,326  | 96,900  | 2,574    | 94,348  | 0,022    | 95,064   | -1,836   |
| 4               | 240 | 87,298  | 89,752  | 2,454    | 89,252  | 1,954    | 88,694   | -1,058   |
| 5               | 360 | 81,047  | 78,213  | -2,835   | 82,534  | 1,487    | 79,731   | 1,519    |
| $\sum  \alpha $ |     |         |         | 17,711   |         | 17,942   |          | 8,793    |
| $M(s)$          |     |         |         | 3,542    |         | 3,588    |          | 1,759    |

Karna deviasi rata-rata ( $M(s)$ ) dari tabel 5.16 perbandingan kecocokan rumus-rumus intensitas hujan untuk periode ulang 100 tahunan yang paling terkecil adalah jenis III (Ishiguro 1953), maka data yang dipakai adalah data hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus jenis III (Ishiguro 1953).

## Lampiran 7

Tahun 1989

Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 5 tahunan(Q)

$$Q = C \times Cs \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t=5,2$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 72,402 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 21,301 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=60}$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 69,475 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 20,439 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=120}$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 52,996 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 15,592 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=180}$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 42,836 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 12,603 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=240}$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 35,945 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 10,575 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=360}$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 27,195 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 8,001 \text{ m}^3/\text{det}$$

## Lampiran 8

**Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 10 tahunan.**

$$Q = C \times Cs \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t = 52,2$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 81,819 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 24,072 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 60$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 79,632 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 23,428 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 120$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 66,051 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 19,432 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 180$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 56,427 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 16,601 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 240$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 49,252 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 14,490 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 360$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 39,265 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 11,552 \text{ m}^3/\text{det}$$

## Lampiran 9

Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 20 tahunan.

$$Q = C \times Cs \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t = 52,2$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 96,222 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 28,309 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 60$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 92,846 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 27,316 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 120$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 76,351 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 22,463 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 180$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 67,191 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 19,768 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 240$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 61,020 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 17,952 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 360$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 52,873 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 15,556 \text{ m}^3/\text{det}$$

## Lampiran 10

Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 50 tahunan.

$$Q = C \times Cs \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t = 52,2$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 109,957 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 32,350 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 60$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 107,059 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 31,497 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 120$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 92,120 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 27,102 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 180$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 83,210 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 24,481 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 240$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 76,937 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 22,635 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 360$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 68,299 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 20,094 \text{ m}^3/\text{det}$$

## Lampiran 11

Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 100 tahunan.

$$Q = C \times Cs \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t = 52,2$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 120,986 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 35,595 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 60$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 118,270 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 34,796 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 120$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 103,917 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 30,573 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 180$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 95,064 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 27,968 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 240$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 88,694 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 26,094 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 360$

$$Q = 0,4169 \times 0,712 \times 1 \times 79,731 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3568123,323 = 23,457 \text{ m}^3/\text{det}$$

## Lampiran 12

Tahun 2003

Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 5 tahunan.

$$Q = C \times Cs \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t_{=56,28}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 70,840 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 23,419 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=60}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 69,475 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 22,968 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=120}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 52,996 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 17,520 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=180}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 42,836 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 14,161 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=240}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 35,945 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 11,883 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=360}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 27,195 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 8,990 \text{ m}^3/\text{det}$$

### Lampiran 13

Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 10 tahunan.

$$Q = C \times C_s \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t_{=56,28}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 80,660 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 26,665 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=60}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 79,632 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 26,325 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=120}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 66,051 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 21,836 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=180}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 56,427 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 18,654 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=240}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 49,252 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 16,282 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=360}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 39,265 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 12,981 \text{ m}^3/\text{det}$$

#### Lampiran 14

Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 20 tahunan.

$$Q = C \times Cs \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t_{=56,28}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 94,397 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 31,206 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=60}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 92,846 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 30,694 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=120}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 76,351 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 25,241 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=180}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 67,191 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 22,212 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=240}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 61,020 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 20,172 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=360}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 52,873 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 17,479 \text{ m}^3/\text{det}$$

## Lampiran 15

Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 50 tahunan.

$$Q = C \times Cs \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t_{=56,28}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 108,398 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 35,835 \text{m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=60}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 107,059 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 35,392 \text{m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=120}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 92,120 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 30,454 \text{m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=180}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 83,210 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 27,508 \text{m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=240}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 76,937 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 25,434 \text{m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t_{=360}$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 68,299 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 22,579 \text{m}^3/\text{det}$$

## Lampiran 16

Besar aliran limpasan permukaan dengan periode ulang 100 tahunan.

$$Q = C \times Cs \times \beta \times I \times A$$

Untuk  $t = 56,28$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 119,527 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 39,514 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 60$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 118,270 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 39,098 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 120$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 103,917 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 34,354 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 180$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 95,064 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 31,427 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 240$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 88,694 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 29,321 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk  $t = 360$

$$Q = 0,4745 \times 0,705 \times 1 \times 79,731 \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times 3557638,763 = 26,358 \text{ m}^3/\text{det}$$

## Lampiran 17

Tahap Perhitungan Tahun 1989

### 1. Menghitung Kecepatan Aliran

Rumus yang digunakan adalah :

$$V = 72.(i)^{0,6}$$

Tabel 5.42 kemiringan DAS Klanduan 1989

| Segmen | i     | V(km/jam) |
|--------|-------|-----------|
| 1      | 0,045 | 11,201    |
| 2      | 0,031 | 8,957     |
| 3      | 0,032 | 9,129     |
| 4      | 0,02  | 6,886     |

### 2. Menghitung Waktu Konsentrasi

Rumus yang digunakan adalah :

$$t = \frac{L}{V}$$

Tabel 5.43 Waktu Konsentrasi DAS Klanduan 1989

| Segmen | L(km2) | V(km/jam) | t(jam) |
|--------|--------|-----------|--------|
| 1      | 0,977  | 11,201    | 0,087  |
| 2      | 3,179  | 8,957     | 0,355  |
| 3      | 1,374  | 9,129     | 0,151  |
| 4      | 0,952  | 6,886     | 0,138  |

### 3. Menghitung Intensitas Hujan ( i )

Rumus yang digunakan adalah:

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

Tabel 5.44 Perhitungan Intensitas Hujan segmen II

| Periode tahun | R <sub>24</sub> (mm/hari) | t(jam) | I(mm/jam) |
|---------------|---------------------------|--------|-----------|
| 2             | 133,679                   | 0,355  | 92,177    |
| 5             | 169,095                   | 0,355  | 116,597   |
| 10            | 192,539                   | 0,355  | 132,763   |
| 20            | 215,046                   | 0,355  | 148,282   |
| 50            | 244,179                   | 0,355  | 168,370   |
| 100           | 265,998                   | 0,355  | 183,415   |

Tabel 5.45 Perhitungan Intensitas Hujan segmen III

| Periode tahun | R <sub>24</sub> (mm/hari) | t(jam) | I(mm/jam) |
|---------------|---------------------------|--------|-----------|
| 2             | 133,679                   | 0,151  | 162,882   |
| 5             | 169,095                   | 0,151  | 206,035   |
| 10            | 192,539                   | 0,151  | 234,601   |
| 20            | 215,046                   | 0,151  | 262,025   |
| 50            | 244,179                   | 0,151  | 297,522   |
| 100           | 265,998                   | 0,151  | 324,108   |

Tabel 5.46 Perhitungan Intensitas Hujan segmen IV

| Periode tahun | R <sub>24</sub> (mm/hari) | t(jam) | I(mm/jam) |
|---------------|---------------------------|--------|-----------|
| 2             | 133,679                   | 0,138  | 172,947   |
| 5             | 169,095                   | 0,138  | 218,766   |
| 10            | 192,539                   | 0,138  | 249,097   |
| 20            | 215,046                   | 0,138  | 278,216   |
| 50            | 244,179                   | 0,138  | 315,906   |
| 100           | 265,998                   | 0,138  | 344,135   |

#### 4. Menghitung Debit Banjir

Rumus yang digunakan adalah:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A$$

Tabel 5.47 Perhitungan Debit Banjir segmen II

| Periode tahun | I(mm/jam) | C      | A(km <sup>2</sup> ) | Q(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-----------|--------|---------------------|------------------------|
| 2             | 92,177    | 0,4169 | 1,494               | 15,948                 |
| 5             | 116,597   | 0,4169 | 1,494               | 20,173                 |
| 10            | 132,763   | 0,4169 | 1,494               | 22,970                 |
| 20            | 148,282   | 0,4169 | 1,494               | 25,655                 |
| 50            | 168,370   | 0,4169 | 1,494               | 29,130                 |
| 100           | 183,415   | 0,4169 | 1,494               | 31,733                 |

Tabel 5.48 Perhitungan Debit Banjir segmen III

| Periode tahun | I(mm/jam) | C      | A(km <sup>2</sup> ) | Q(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-----------|--------|---------------------|------------------------|
| 2             | 162,882   | 0,4169 | 0,848               | 15,996                 |
| 5             | 206,035   | 0,4169 | 0,848               | 20,233                 |
| 10            | 234,601   | 0,4169 | 0,848               | 23,039                 |
| 20            | 262,025   | 0,4169 | 0,848               | 25,732                 |
| 50            | 297,522   | 0,4169 | 0,848               | 29,218                 |
| 100           | 324,108   | 0,4169 | 0,848               | 31,828                 |

Tabel 5.49 Perhitungan Debit Banjir segmen IV

| Periode tahun | I(mm/jam) | C      | A(km <sup>2</sup> ) | Q(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-----------|--------|---------------------|------------------------|
| 2             | 172,947   | 0,4169 | 0,502               | 10,054                 |
| 5             | 218,766   | 0,4169 | 0,502               | 12,718                 |
| 10            | 249,097   | 0,4169 | 0,502               | 14,481                 |
| 20            | 278,216   | 0,4169 | 0,502               | 16,174                 |
| 50            | 315,906   | 0,4169 | 0,502               | 18,365                 |
| 100           | 344,135   | 0,4169 | 0,502               | 20,006                 |

## Lampiran 18

Tahap Perhitungan Tahun 2003

### 1. Menghitung Kecepatan Aliran

Rumus yang digunakan adalah :

$$V = 72.(i)^{0,6}$$

Tabel 5.50 kemiringan DAS Klanduan 2003

| Segmen | i     | V(km/jam) |
|--------|-------|-----------|
| 1      | 0,041 | 10,593    |
| 2      | 0,029 | 8,605     |
| 3      | 0,034 | 9,467     |
| 4      | 0,021 | 7,090     |

### 2. Menghitung Waktu Konsentrasi

Rumus yang digunakan adalah :

$$t = \frac{L}{V}$$

Tabel 5.51 Waktu Konsentrasi DAS Klanduan 2003

| Segmen | L(km2) | V(km/jam) | t(jam) |
|--------|--------|-----------|--------|
| 1      | 0,995  | 10,593    | 0,094  |
| 2      | 3,215  | 8,605     | 0,374  |
| 3      | 1,409  | 9,467     | 0,149  |
| 4      | 0,99   | 7,090     | 0,140  |

### 3. Menghitung Intensitas Hujan ( I )

Rumus yang digunakan adalah:

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

Tabel 5.52 Perhitungan Intensitas Hujan segmen II

| Periode tahun | R <sub>24</sub> (mm/hari) | t(jam) | I(mm/jam) |
|---------------|---------------------------|--------|-----------|
| 2             | 133,679                   | 0,374  | 89,031    |
| 5             | 169,095                   | 0,374  | 112,618   |
| 10            | 192,539                   | 0,374  | 128,232   |
| 20            | 215,046                   | 0,374  | 143,222   |
| 50            | 244,179                   | 0,374  | 162,624   |
| 100           | 265,998                   | 0,374  | 177,156   |

Tabel 5.53 Perhitungan Intensitas Hujan segmen III

| Periode tahun | R <sub>24</sub> (mm/hari) | t(jam) | I(mm/jam) |
|---------------|---------------------------|--------|-----------|
| 2             | 133,679                   | 0,149  | 164,335   |
| 5             | 169,095                   | 0,149  | 207,873   |
| 10            | 192,539                   | 0,149  | 236,693   |
| 20            | 215,046                   | 0,149  | 264,362   |
| 50            | 244,179                   | 0,149  | 300,176   |
| 100           | 265,998                   | 0,149  | 326,999   |

Tabel 5.54 Perhitungan Intensitas Hujan segmen IV

| Periode tahun | R <sub>24</sub> (mm/hari) | t(jam) | I(mm/jam) |
|---------------|---------------------------|--------|-----------|
| 2             | 133,679                   | 0,140  | 171,298   |
| 5             | 169,095                   | 0,140  | 216,680   |
| 10            | 192,539                   | 0,140  | 246,721   |
| 20            | 215,046                   | 0,140  | 275,562   |
| 50            | 244,179                   | 0,140  | 312,893   |
| 100           | 265,998                   | 0,140  | 340,853   |

#### 4. Menghitung Debit Banjir

Rumus yang digunakan adalah:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C.I.A$$

Tabel 5.55 Perhitungan Debit Banjir segmen II

| Periode tahun | I(mm/jam) | C      | A(km <sup>2</sup> ) | Q(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-----------|--------|---------------------|------------------------|
| 2             | 89,031    | 0,4745 | 1,490               | 17,485                 |
| 5             | 112,618   | 0,4745 | 1,490               | 22,117                 |
| 10            | 128,232   | 0,4745 | 1,490               | 25,183                 |
| 20            | 143,222   | 0,4745 | 1,490               | 28,127                 |
| 50            | 162,624   | 0,4745 | 1,490               | 31,938                 |
| 100           | 177,156   | 0,4745 | 1,490               | 34,792                 |

Tabel 5.56 Perhitungan Debit Banjir segmen III

| Periode tahun | I(mm/jam) | C      | A(km <sup>2</sup> ) | Q(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-----------|--------|---------------------|------------------------|
| 2             | 164,335   | 0,4745 | 0,845               | 18,303                 |
| 5             | 207,873   | 0,4745 | 0,845               | 23,152                 |
| 10            | 236,693   | 0,4745 | 0,845               | 26,362                 |
| 20            | 264,362   | 0,4745 | 0,845               | 29,443                 |
| 50            | 300,176   | 0,4745 | 0,845               | 33,432                 |
| 100           | 326,999   | 0,4745 | 0,845               | 36,420                 |

Tabel 5.57 Perhitungan Debit Banjir segmen IV

| Periode tahun | I(mm/jam) | C      | A(km <sup>2</sup> ) | Q(m <sup>3</sup> /det) |
|---------------|-----------|--------|---------------------|------------------------|
| 2             | 171,298   | 0,4745 | 0,499               | 11,266                 |
| 5             | 216,680   | 0,4745 | 0,499               | 14,251                 |
| 10            | 246,721   | 0,4745 | 0,499               | 16,227                 |
| 20            | 275,562   | 0,4745 | 0,499               | 18,124                 |
| 50            | 312,893   | 0,4745 | 0,499               | 20,579                 |
| 100           | 340,853   | 0,4745 | 0,499               | 22,418                 |

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**FENOMENA PERUBAHAN KARAKTERISTIK  
PUNCAK BANJIR KARENA PERUBAHAN TATA GUNA  
LAHAN SEKITAR SUNGAI KLANDUAN  
(STUDI KASUS KAWASAN KAMPUS TERPADU)**

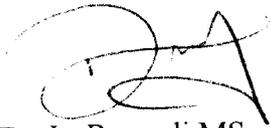
DISUSUN OLEH:  
**KISDIYANTO**  
No Mhs: 9941244

**BAYU KUSUMA DWLCS**  
No.Mhs:99811374

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir. Lalu Makrup, MT  
Dosen Pembimbing I

Tanggal:.....

  
Dr. Ir. Ruzardi, MS  
Dosen Pembimbing II

Tanggal... 9 Maret 2009 .....

