



MODUL 5

PENGUKURAN HIDROLOGI

**PELATIHAN PENGUKURAN LAPANGAN
BIDANG SDA**



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA

PUSAT PENGEMBANGAN KOMPETENSI SUMBER DAYA AIR DAN PERMUKIMAN
Jalan Abdul Hamid, Cicaheum - Bandung 40193, Telp. (022) 7206892 Fax. (022) 7232938 Email : pusdiklatsdadankonstruksi@yahoo.com

KATA PENGANTAR

Pekerjaan konstruksi adalah pekerjaan yang sifatnya berupa fisik atau infrastruktur yang dibutuhkan oleh manusia baik untuk kebutuhan primer atau untuk kebutuhan sekunder dan seterusnya, bermacam macam pekerjaan konstruksi seperti bendungan, irigasi, waduk dan lainnya.

Peranan *surveyor* pada pekerjaan konstruksi mempunyai peranan yang sangat penting karena dapat mewujudkan gambar rencana menjadi kenyataan di lapangan. Salah satu indikator keberhasilan di bidang konstruksi adalah pada hasil akhir konstruksi mempunyai estetika yang baik, enak dipandang dan nyaman digunakan. Hal ini dapat diperoleh dari kompetensi masing-masing personil yang ditunjang dengan kerjasama tim yang baik.

Kompetensi survei konstruksi ini perlu dimiliki oleh para surveyor, praktisi atau pelaku di bidang konstruksi, seperti manager teknik para pelaksana dan operator dll. Tujuan pelatihan ini untuk mengetahui mekanisme pengukuran di lapangan sehingga terjadi komunikasi yang baik antara tim lapangan. Demikian juga pada aparatur sipil negara di bidangnya, perlu mengetahui kompetensi ini dengan tujuan kompetensi para ASN ini sebagai fungsi pengawasan, memberikan supervisi kepada penyedia, pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Jumlah pembelajaran dalam modul ini 15 jam pelajaran yang terdiri dari teori sebesar 5 JP dan praktek sebesar 10 JP. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, kami mengharapkan kritik, saran dan masukan guna perbaikan modul ini.

Bandung, November 2020
Kepala Pusat Pengembangan Kompetensi
Sumber Daya Air dan Permukiman

Ir. H. Ruhban Ruzziyatno, M.T.
NIP. 19620819199003100

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	x
PETUNJUK PENGGUNAAN	xii
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Deskripsi Singkat	1
C. Tujuan Pembelajaran	1
D. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok.....	2
E. Estimasi Waktu	2
MATERI POKOK 1 PENGUKURAN MUKA AIR	3
1.1 Pengamatan Air Sungai	3
1.1.1 Daerah Pengaliran Berbentuk Bulu Burung.....	3
1.1.2 Daerah Pengaliran Radial	3
1.1.3 Daerah Pengaliran yang Lain	4
1.2 Lokasi Pengamatan	4
1.2.1 Pemilihan Lokasi	4
1.2.2 Persiapan	4
1.2.3 Jenis-jenis Alat Ukur Permukaan Sungai	5
1.3 Pengukuran Muka Air Tanah di Lahan dengan Piezometer.....	8
1.3.1 Maksud dan Fungsi	8
1.3.2 Tujuan	8
1.3.3 Manfaat Piezometer	8
1.3.4 Cara Pembuatan Piezometer	9
1.3.5 Alat Bantu Peilschaal dan Petunjuk Letak Piezometer	9
1.4 Rangkuman.....	12
1.5 Latihan	13
MATERI POKOK 2 PENGUKURAN DEBIT	14

2.1 Pengukuran Debit	14
2.2 Mengukur Kecepatan Aliran dengan Pelampung	14
2.3 Pengukuran dengan Alat Ukur Arus.....	18
2.4 Survey Penampang Melintang	21
2.5 Kurva Permukaan Air-Debit	26
2.5.1 Koreksi Debit	26
2.5.2 Kurva Permukaan Air-Debit (Kurva Debit)	30
2.6 Rangkuman.....	32
2.7 Latihan	32
MATERI POKOK 3 ANALISIS HIDROLOGI.....	33
3.1 Kondisi Curah Hujan	33
3.2 Analisa Curah Hujan	33
3.2.1 Intensitas Hujan	33
3.2.2 Intensitas Hujan, Frekuensi dan Waktu Curah Hujan	37
3.2.3 Rata-rata Curah Hujan	38
3.2.4 Pengisian Data Hujan yang Hilang	40
3.2.5 Distribusi Waktu Tinggi Hujan.....	40
3.2.6 Penentuan Proses Hujan.....	41
3.3 Analisis Probabilitas Frekuensi	41
3.3.1 Cara Grafis	42
3.3.2 Cara Analisis	42
3.4 Analisa Regional	49
3.5 Metode Puncak Banjir di atas Ambang	51
3.6 Metode Rasional	52
3.6.1 Metode Rasional Praktis.....	52
3.6.2 Metode Melchior, der Weduwen dan Haspers.....	53
3.7 Metode Empiris	57
3.7.1 Metode Hidrograf Satuan.....	57
3.7.2 Metode <i>Soil Conservation Service</i> (SCS)-USA	60
3.8 Metode Statistik	65
3.8.1 Metode <i>Institute of Hydrology Wallingford</i> (IOH)	65
3.8.2 Cara GAMA I	66
3.9 Curah Hujan Rencana	67

3.9.1 Distribusi Normal	68
3.9.2 Distribusi Gumbel	72
3.9.3 Distribusi Log Pearson Type III.....	78
3.9.4 Distribusi Pearson Type III.....	85
3.9.5 Resume Curah Hujan Rencana.....	88
3.10 Uji Kecocokan	92
3.10.1 Rata-rata Prosentase Error.....	92
3.10.2 Deviasi.....	100
3.10.3 Resume Uji Kecocokan	106
3.11 Rangkuman.....	109
3.12 Latihan	109
PENUTUP	110
A. Simpulan	110
B. Tindak Lanjut	110
EVALUASI FORMATIF.....	112
A. Soal.....	112
B. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	113
DAFTAR PUSTAKA	114
GLOSARIUM	115
KUNCI JAWABAN.....	116

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Lubang Penyalur dan Ukuran Pipa Penyalur.....	7
Tabel 2. 1 Kedalaman Air dan Kedalaman Tangkai	17
Tabel 2. 2 Interval Pengukuran dalamnya Air.....	21
Tabel 2. 3 Interval Pengukuran Kecepatan Air	21
Tabel 2. 4 Standar Interval Garis Pengukur	22
Tabel 2. 5 Contoh Formulir Pencatatan untuk Pengukuran Debit dengan Pelampung	24
Tabel 2. 6 Contoh Formulir Pencatatan untuk Pengukuran Debit dengan Alat Ukur Arus	24
Tabel 2. 7 Contoh Formulir Pencatatan untuk Pengukuran Debit dengan Alat Ukur Arus	24
Tabel 2. 8 Contoh Formulir Pencatatan untuk Pengukuran Debit dengan Alat Ukur Arus di Sungai	25
Tabel 2. 9 Penyesuaian dalamnya Air	26
Tabel 2. 10 Contoh Formulir Pencatatan untuk Pengukuran Debit dengan Alat Ukur Arus untuk Permukaan Sungai dan Debit	27
Tabel 2. 11 Contoh Formulir untuk Pengukuran Debit dengan Alat ukur Arus	28
Tabel 3. 1 Kerapatan Minimum Jaringan Stasiun Hujan di Daerah Tropik	41
Tabel 3. 2 Rumus Penentuan Kala Ulang T	41
Tabel 3. 3 Harga Y sebagai Fungsi T	44
Tabel 3. 4 Faktor Frekuensi untuk Nilai Ekstrim (K)	44
Tabel 3. 5 Simpangan Baku Tereduksi, S_n	45
Tabel 3. 6 Rata-Rata Tereduksi, Y_n	45
Tabel 3. 7 Hubungan Antara Kala Ulang dengan Faktor Reduksi (Y_t)	46
Tabel 3. 8 Faktor Penyimpangan K_r yang digunakan untuk Distribusi Log Pearson Type III	47
Tabel 3. 9 Gabungan Frekuensi Banjir	50
Tabel 3. 10 Tata Guna Lahan.....	53
Tabel 3. 11 Nomor Lengkung untuk Kelompok Tanah dengan Kondisi Hujan sebelumnya Type III Dan $I_a = 0,2S$	61
Tabel 3. 12 Tingkat Infiltrasi	63

Tabel 3. 13 Faktor Perubahan Kelompok Tanah.....	64
Tabel 3. 14 Kondisi Hujan Sebelumnya dan Nomor Lengkung untuk $I_a = 0,2S$...	64
Tabel 3. 15 Luas DAS dengan ARF	66
Tabel 3. 16 Harga KT Distribusi Normal.....	68
Tabel 3. 17 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Normal.....	70
Tabel 3. 18 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Normal.....	71
Tabel 3. 19 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Normal.....	72
Tabel 3. 20 Harga Y_n dan S_n Distribusi Gumbel.....	73
Tabel 3. 21 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Gumbel	76
Tabel 3. 22 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Gumbel	77
Tabel 3. 23 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Gumbel	78
Tabel 3. 24 Harga K_{Tr} Distribusi Pearson Type III dan Log Pearson Type III	80
Tabel 3. 25 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Log Pearson Type III	83
Tabel 3. 26 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Log Pearson Type III	84
Tabel 3. 27 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Log Pearson Type III	85
Tabel 3. 28 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Pearson Type III	86
Tabel 3. 29 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Pearson Type III	87
Tabel 3. 30 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Pearson Type III	88
Tabel 3. 31 Resume Curah Hujan 1 (Satu) Harian Maksimum Tahunan	89
Tabel 3. 32 Resume Curah Hujan 2 (Dua) Harian Maksimum Tahunan	89
Tabel 3. 33 Resume Curah Hujan 3 (Tiga) Harian Maksimum Tahunan	89

Tabel 3. 34 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 1 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Normal	93
Tabel 3. 35 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 2 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Normal	94
Tabel 3. 36 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 3 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Normal	94
Tabel 3. 37 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 1 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Gumbel	95
Tabel 3. 38 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 2 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Gumbel	96
Tabel 3. 39 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 3 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Gumbel	96
Tabel 3. 40 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 1 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III	97
Tabel 3. 41 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 2 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III	97
Tabel 3. 42 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 3 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III	98
Tabel 3. 43 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 1 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Pearson Type III	98
Tabel 3. 44 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 2 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Pearson Type III	99
Tabel 3. 45 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 3 Harian	
Maksimum Tahunan - Distribusi Pearson Type III	99
Tabel 3. 46 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 1 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Normal	100
Tabel 3. 47 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 2 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Normal	101
Tabel 3. 48 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 3 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Normal	101
Tabel 3. 49 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 1 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Gumbel	102

Tabel 3. 50 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 2 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Gumbel.....	102
Tabel 3. 51 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 3 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Gumbel.....	103
Tabel 3. 52 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 1 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III	103
Tabel 3. 53 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 2 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III	104
Tabel 3. 54 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 3 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III	104
Tabel 3. 55 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 1 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Pearson Type III	105
Tabel 3. 56 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 2 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Pearson Type III	105
Tabel 3. 57 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 3 Harian Maksimum	
Tahunan - Distribusi Pearson Type III	106
Tabel 3. 58 Resume Uji Kecocokan Curah Hujan 1 (Satu) Harian Maksimum	
Tahunan	106
Tabel 3. 59 Resume Uji Kecocokan Curah Hujan 2 (Dua) Harian Maksimum	
Tahunan	107
Tabel 3. 60 Resume Uji Kecocokan Curah Hujan 3 (Tiga) Harian Maksimum	
Tahunan	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Standard Piezometer	10
Gambar 1. 2 Bahan-bahan dan Proses Pembuatan Piezometer.....	11
Gambar 1. 3 Papan Peilschaal.....	11
Gambar 1. 4 Petunjuk Letak Piezometer.....	12
Gambar 2. 1 Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Pelampung	15
Gambar 2. 2 Pelampung Tongkat	16
Gambar 2. 3 Perhitungan Kecepatan Aliran Rata-rata.....	17
Gambar 2. 4 Alat Pelepas Pelampung	18
Gambar 2. 5 Alat Ukur Arus Air dengan Listrik (Jenis Price).....	19
Gambar 2. 6 Kurva Pemeriksaan Alat Ukur Arus	20
Gambar 2. 7 Garis-garis Pengukuran.....	22
Gambar 2. 8 Penampang Melintang Rata-rata.....	23
Gambar 2. 9 Sketsa untuk Penyesuaian dalam Air	25
Gambar 2. 10 Debit-debit pada Periode Penambahan dan Periode Pengurangan	29
Gambar 2. 11 Variasi Permukaan Air dan Laju Penyesuaian	29
Gambar 2. 12 Kurva Permukaan Air (lengkung/kurva debit)	30
Gambar 2. 13 Hubungan antara Permukaan Air dan $\sqrt{Q}$	31
Gambar 2. 14 Kondisi Dasar Sungai yang Berubah-ubah.....	31
Gambar 3. 1 Lengkung Intensitas Hujan	35
Gambar 3. 2 Lengkung Intensitas Hujan Frekuensi dan Waktu Curah Hujan	37
Gambar 3. 3 Hujan Rata-Rata untuk Metode Rata-Rata Hitung	38
Gambar 3. 4 Hujan Rata-Rata untuk Metode Thiessen.....	39
Gambar 3. 5 Hujan Rata-Rata untuk Metode Isohiet.....	40
Gambar 3. 6 Garfik Lengkung Gabungan Frekuensi Banjir.....	50
Gambar 3. 7 Penentuan Batas Ambang pada Hidrograf Aliran	51
Gambar 3. 8 Distribusi Hujan dalam 24 Jam (menurut Melchior)	55
Gambar 3. 9 Metode Indeks.....	57
Gambar 3. 10 Metode Horton.....	58

Gambar 3. 11 Debit Aliran Dasar Merata dari Permulaan Hujan Sampai Akhir dari Hidrograf Aliran	59
Gambar 3. 12 Debit Aliran Dasar Ditarik Dari Titik Permulaan Hujan Sampai Titik Belok Di Akhir Hidrograf Aliran.....	59
Gambar 3. 13 Debit Aliran Dasar Terbagi Menjadi Dua Bagian	60
Gambar 3. 14 Grafik Hubungan antara Curah Hujan dan Limpasan.....	61
Gambar 3. 15 Perbandingan Curah Hujan 1 (Satu) Harian Maksimum Tahunan.	90
Gambar 3. 16 Perbandingan Curah Hujan 2 (Dua) Harian Maksimum Tahunan .	91
Gambar 3. 17 Perbandingan Curah Hujan 3 (Tiga) Harian Maksimum Tahunan .	91
Gambar 3. 18 Perbandingan Hasil Uji Kecocokan Curah Hujan 1 (Satu) Harian Maksimum Tahunan	108
Gambar 3. 19 Perbandingan Hasil Uji Kecocokan Curah Hujan 2 (Dua) Harian Maksimum Tahunan.....	108
Gambar 3. 20 Perbandingan Hasil Uji Kecocokan Curah Hujan 3 (Tiga) Harian Maksimum Tahunan.....	108

PETUNJUK PENGGUNAAN

Deskripsi

Modul Pengukuran Hidrologi ini terdiri dari 3 (tiga) materi pokok. Materi pokok ke-1 membahas Pengukuran Muka Air. Materi Pokok ke-2 membahas Pengukuran Debit. Materi Pokok ke-3 membahas Analisis Hidrologi.

Peserta pelatihan mempelajari keseluruhan modul ini dengan cara yang berurutan. Pemahaman setiap materi pada modul ini diperlukan untuk mengelaborasi dan memeriksa hasil pengukuran hidrologi. Setiap materi pokok dilengkapi dengan latihan yang menjadi alat ukur tingkat penguasaan peserta pelatihan setelah mempelajari materi pada materi pokok.

Persyaratan

Dalam mempelajari modul ini, peserta pelatihan diharapkan dapat menyimak dengan seksama penjelasan dari pengajar, sehingga dapat memahami dengan baik materi yang merupakan wawasan umum dari Pelatihan Pengukuran Lapangan Bidang SDA. Selain itu, untuk menambah wawasan tersebut, peserta juga diharapkan dapat membaca terlebih dahulu materi yang berkaitan dengan pengukuran hidrologi.

Metode

Dalam pelaksanaan pembelajaran ini, metode yang dipergunakan adalah dengan kegiatan ceramah interaktif yang dilakukan oleh Pengajar/Widyaiswara/Fasilitator, adanya kesempatan *brainstorming*, diskusi dan praktek lapangan.

Alat Bantu/Media

Untuk menunjang tercapainya tujuan pembelajaran ini, diperlukan Alat Bantu/Media pembelajaran tertentu, yaitu: LCD/*projector*, Laptop, *white board* dengan spidol dan penghapusnya, bahan tayang, modul dan/atau bahan ajar, alat pengukuran hidrologi.

Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran, peserta pelatihan diharapkan mampu mengelaborasi dan memeriksa hasil pengukuran hidrologi.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai akan membawa air hujan dari luas daerah pengaliran yang ditentukan oleh peta topografi, tumbuh-tumbuhan, geologi, hal yang sangat erat kaitannya dengan debit banjir, corak banjir, debit pengaliran dasar dan seterusnya. Daerah pengaliran ini dipengaruhi oleh bentuk daerah tangkapan (*catchment area*) yang akan ditampung oleh aliran sungainya.

Permukaan air dan tekanan air mempunyai hubungan linier (jika gaya gelombang ditiadakan), maka perubahan permukaan air itu dapat diukur dengan alat pengukur tekanan yang diletakkan di dasar sungai. Selain itu, curah hujan akan berkaitan dengan jumlah atau volume air yang masuk ke daerah tersebut. Pengelolaan air sangat diperlukan agar tidak terjadi banjir dan kekurangan air. Dari data hujan tersebut akan di analisa sehingga didapat gambaran jumlah air yang turun dari hujan, berapa yang efektif dimanfaatkan dan kelebihan volume air yang ada pada lahan harus diusahakan di buang melalui sungai sekitarnya.

Sehingga, dalam modul ini akan menjelaskan mengenai pengukuran hidrologi yang terdiri dari pengukuran muka air, pengukuran debit dan analisis hidrologi.

B. Deskripsi Singkat

Mata pelatihan ini membahas tentang pengukuran hidrologi. Pembelajaran disampaikan dengan metode ceramah interaktif, *brainstorming*, diskusi dan praktek lapangan. Keberhasilan peserta pelatihan dinilai dari kemampuan mengelaborasi dan memeriksa hasil pengukuran hidrologi.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran, peserta diharapkan mampu mengelaborasi dan memeriksa hasil pengukuran hidrologi.

2. Indikator Keberhasilan

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu:

- a. Mengelaborasi dan memeriksa hasil pengukuran muka air.

- b. Mengelaborasi dan memeriksa hasil pengukuran debit.
- c. Mengelaborasi dan memeriksa hasil analisis hidrologi.

D. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok

Dalam modul Pengukuran Hidrologi akan membahas materi:

1. Materi Pokok-1: Pengukuran Muka Air

- a. Pengamatan Air Sungai
- b. Lokasi Pengamatan
- c. Pengukuran Muka Air Tanah di Lahan dengan Piezometer

2. Materi Pokok-2: Pengukuran Debit

- a. Pengukuran Debit
- b. Mengukur Kecepatan Aliran dengan Pelampung
- c. Pengukuran dengan Alat Ukur Arus
- d. Survey Penampang Melintang
- e. Kurva Permukaan Air-Debit

3. Materi Pokok-3: Analisis Hidrologi

- a. Kondisi Curah Hujan
- b. Analisa Curah Hujan
- c. Analisis Probabilitas Frekuensi
- d. Analisa Regional
- e. Metode Puncak Banjir di atas ambang
- f. Metode Rasional
- g. Metode Empiris
- h. Metode Statistik
- i. Curah Hujan Rencana
- j. Uji Kecocokan

E. Estimasi Waktu

Alokasi waktu yang diberikan untuk pelaksanaan kegiatan belajar mengajar untuk mata pelatihan “Pengukuran Hidrologi” ini adalah 15 (lima belas) jam pelajaran (JP) atau sekitar 675 menit yang terdiri dari materi 5 JP (225 menit) dan praktek 10 JP (450 menit).

MATERI POKOK 1

PENGUKURAN MUKA AIR

Indikator keberhasilan: setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu mengelaborasi dan memeriksa hasil pengukuran muka air.

1.1 Pengamatan Air Sungai

Sungai merupakan tempat berkumpulnya air hasil dari curah hujan dalam suatu daerah pengaliran tertentu dan akan mengalirkan ke laut. Disamping itu pada saat tidak turun hujan, sungai berfungsi untuk menampung air bekas irigasi, rumah tangga, pabrik, dan aliran literal dari air tanah sekitarnya.

Sungai akan membawa air hujan dari luas daerah pengaliran yang ditentukan oleh peta topografi, tumbuh-tumbuhan, geologi, hal yang sangat erat kaitannya dengan debit banjir, corak banjir, debit pengaliran dasar dan seterusnya.

Daerah pengaliran ini dipengaruhi oleh bentuk daerah tangkapan (*catchment area*) yang akan ditampung oleh aliran sungainya.

1.1.1 Daerah Pengaliran Berbentuk Bulu Burung

Jalur daerah di sebelah kiri dan kanan sungai utama dengan anak-anak sungai mengalir ke sungai utama disebut daerah pengaliran bulu burung. Daerah pengaliran yang demikian mempunyai debit banjir yang kecil karena waktu tiba banjir dari anak-anak sungai itu berbeda-beda, tetapi banjir yang terjadi relatif lama akibat panjangnya sumber aliran.

1.1.2 Daerah Pengaliran Radial

Daerah aliran yang berbentuk kipas atau lingkaran dengan anak-anak sungai yang mengkonsentrasikan ke suatu titik secara radial disebut daerah pengaliran radial. Daerah pengaliran yang bercorak demikian ini akan menghasilkan banjir yang sangat besar dibagian hilirnya, karena semua sungai kecil akan mengalirkan air ke sungai utamanya secara bersamaan.

1.1.3 Daerah Pengaliran yang Lain

Bentuk daerah tangkapan (*Cathment Area*) yang lain akan menentukan saat terjadinya banjir, lama terjadinya banjir, dan konsentrasi banjir, terhadap lokasi hilir sungai utamanya.

1.2 Lokasi Pengamatan

1.2.1 Pemilihan Lokasi

Penentuan lokasi pengamatan harus memperhatikan kondisi sungai yang akan diamati terutama tentang aliran yang terjadi pada lokasi tersebut diusahakan beraliran mendekati laminar. Untuk memenuhi syarat ini perlu mencari tempat aliran yang lurus sejauh kira-kira empat kali lebar sungai rata-rata pada saat banjir dengan aliran yang tidak melimpah. Hal ini akan mudah diketahui pada saat banjir berlangsung agar tidak ragu bahwa tempat tersebut aliran airnya tidak melimpah. Usahakan lokasi tersebut mempunyai penyebaran aliran berpenampang baik dan bisa diamati pada saat air kecil, sedang, maupun pada saat terjadi banjir, demikian juga agar muka air rendah sampai muka air banjir tersedia. Pertimbangan tentang kondisi geometri rencana lokasi pos duga air juga perlu dipertimbangkan, sedapat mungkin dekat dengan tempat tinggal penduduk agar dapat mengamati pada setiap saat.

1.2.2 Persiapan

Hal yang perlu disiapkan dalam pemilihan lokasi penempatan alat duga muka air adalah:

- a. Pelajari jaringan pos hidrologi untuk mendapatkan gambaran pos duga air yang telah terpasang dan yang direncanakan.
- b. Interpretasi pada peta topografi atau foto udara untuk menentukan rencana pos duga air secara tentatif.
- c. Tentukan arah perjalanan agar dapat memperkirakan jenis peralatan, jenis sarana penunjang, jumlah tim, dan rencana anggaran biaya.
- d. Dapatkan masukan yang berkaitan dengan rencana penempatan pos duga air di lapangan, yang dapat memenuhi persyaratan.

- e. Buat geometri sungai dari muka air terendah sampai dua meter diatas muka air tertinggi, kemudian tentukan jenis pos duga air yang sesuai dengan data yang diinginkan.
- f. Tentukan tipe bangunan dan ukuran bangunan pos duga air yang sesuai dengan ketentuan dan kondisi setempat.

Lakukan pekerjaan lainnya yang meliputi:

- a. Sketsa situasi lapangan dari bagian hulu rencana pos duga air sampai bagian hilir penampang kendali alam atau penampang kendali buatan.
- b. Ambil foto kearah tebing kiri, tebing kanan, hilir dan hulu, yang mencakup rencana penempatan pos duga air dan penampang kendali alam serta beri tanda pada lokasi rencana penempatannya.
- c. Mencari informasi untuk mendapatkan bahan bangunan antara lain: semen, batu, pasir, kayu, serta tenaga kerja dan calon pengamatnya.

1.2.3 Jenis-jenis Alat Ukur Permukaan Sungai

Jenis-jenis alat ukur permukaan sungai yaitu:

- a. Jenis pembacaan langsung

Pembacaan langsung diadakan pada alat ukur biasa (*staff gauge*) yang diikatkan pada tiang-tiang yang dipancangkan di tepi sungai. Alat ukur biasa ini biasanya dibuat dari kayu atau pelat baja yang dienamel dengan pembagian ukuran 1 sampai 2 cm.

Pembacaan seluruh keadaan permukaan air dari permukaan yang terendah sampai yang tertinggi biasanya tidak dapat dilakukan dengan sebuah alat ukur. Pada keadaan permukaan air yang tinggi, pembacaan telah sulit diadakan pada alat yang sudah berada hampir ditengah-tengah sungai. Jadi, alat ukur biasa ini dipasang kira-kira setiap 2 m tinggi pada beberapa buah titik dalam penampang melintang yang sama.

Pembacaan alat ukur ini biasanya dilakukan dua kali sehari (jam 6.00 dan jam 18.00). Pada waktu banjir pembacaan diadakan setiap waktu jika diperlukan. Dalam keadaan permukaan air yang bergelombang pembacaan-pembacaan harus dirata-ratakan.

- b. Jenis Pelampung

Jenis pembacaan langsung memerlukan orang untuk membaca permukaan air. Jadi perubahan permukaan air yang kontinyu tidak dapat dicatat. Untuk memperoleh data yang kontinyu, maka harus dipasang alat ukur yang otomatis. Salah satu jenis ini adalah alat ukur jenis pelampung.

Pelampung itu dipasang dipermukaan air. Naik turunnya pelampung ini (permukaan air) dicatat pada kertas pencatat oleh pena pencatat yang merubah gerak turun naik itu ke gerak putaran sudut. Kertas pencatat itu diputar dengan kecepatan yang tetap oleh jam sehingga pembacaan permukaan air dapat diadakan setiap waktu.

Jenis pelampung ini diklasifikasikan sebagai berikut:

- 1) Jenis *Richard*: Jenis ini mempunyai alat yang mencatat perubahan permukaan air pada kertas pencatat yang dilingkarkan pada drum/silinder dengan sumbu vertikal yang diputar oleh jam. Pencatatan diadakan oleh pena pencatat yang merubah perubahan permukaan air itu menjadi putaran sudut.
- 2) Jenis *Fuess*: Jenis ini mempunyai peralatan yang mencatat perubahan permukaan air pada kertas pencatat yang dilingkarkan pada drum/silinder yang berputar. Drum dengan kertas pencatat ini digerakkan oleh roda sebanding dengan perubahan permukaan air. Jenis ini mempunyai arah pencatatan yang langsung yang lebih mudah dibaca. Keuntungannya ialah bahwa interval pencatatannya dapat dipilih.
- 3) Jenis *Roll*: Jenis ini mempunyai peralatan yang menggerakkan putaran sudut roda pemutar yang mengikuti perubahan permukaan air menjadi pergerakan roda ulat (*Worm Gear*) sehingga pena pencatat itu bergerak horizontal yang mencatat perubahan permukaan air itu pada kertas pencatat yang dilingkarkan pada drum dengan sumbu horizontal. Jenis *Suiken* termasuk jenis ini. Alat ini mempunyai dua pena. Pena yang satu mempunyai interval 1 m dengan laju kontraksi yang kecil yang berbalik setiap 1 m perubahan permukaan air dan pena yang lain mempunyai interval 0 sampai 10 m. Mengingat perubahan permukaan air dicatat dua kali dengan dua buah pena, maka interval pencatatan permukaan air sungai itu dapat diambil besar dan ketelitiannya tinggi.
- 4) Sumur Pengamatan: Pelampung alat ukur permukaan air itu harus dilindungi terhadap gelombang dan aliran dengan sumur. Diameter sumur harus dapat memuat pelampungnya, pemberat kontra dan ditambah kira-kira 10 cm ruang

bebas. Jika sumur pengamatan dibangun miring maka meskipun ada ruang bebas, pelampung itu masih dapat menyentuh dinding sumur. Jadi pembangunannya harus dilaksanakan dengan memperhatikan hal-hal ini.

Sumur dan sungai dihubungkan dengan sebuah pipa. Jika pipa itu terlalu besar, maka perubahan-perubahan yang kecil dari permukaan air sungai seperti gelombang akan tercatat sehingga pembacaan permukaan air akan menjadi sulit. Jika terlalu kecil, maka pipa itu akan mudah tersumbat sehingga pencatatan perubahan-perubahan permukaan air di luar akan tersumbat. USBR (*United States Bureau Of Reclamation*) menentukan luas penampang pipa kira-kira 1/1000 luas penampang sumur. Jika digunakan pipa yang panjang maka dapat digunakan penampang yang lebih luas seperti yang diperlihatkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1. 1 Lubang Penyalur dan Ukuran Pipa Penyalur

Ukuran sumur pengamat (cm)	Diameter lubang penyalur (cm)	Ukuran pipa penyalur (Panjang 5m – 10m)
Diameter		
30	1.2	1.2
40	1.2	2
50	1.5	2
60	2	2.5
75	2.5	4
90	3	5
0.9 m x 0.9 m (segi empat)	3	5
1.2 x 0.9 (segi empat)	4	7.5
1.2 x 1.5 (segi empat)	5	10

c. Jenis tekanan air (*Water pressure type*)

Mengingat permukaan air dan tekanan air mempunyai hubungan linier (jika gaya gelombang ditiadakan), maka perubahan permukaan air itu dapat diukur

dengan alat pengukur tekanan yang diletakkan di dasar sungai. Alat pengukur itu tidak menghalangi aliran sungai dan dapat meneruskan tekanan air itu melalui pipa tekan. Alat ini dapat ditempatkan pada bagian yang terdalam dari sungai, jadi alat ini dapat digunakan pada sungai-sungai kecil ini di pegunungan yang pada musim kemarau airnya kecil. Alat ini tidak menggunakan sumur pengamatan sehingga jumlah pembiayaan adalah kurang, tetapi mempunyai lebih banyak kesulitan.

1.3 Pengukuran Muka Air Tanah di Lahan dengan Piezometer

1.3.1 Maksud dan Fungsi

Piezometer adalah suatu alat yang dibuat dengan maksud untuk membantu dalam rangka pengelolaan pemanfaatan air tanah dangkal untuk keperluan usaha budidaya bercocok tanam atau kebutuhan air diareal perakaran tanaman kebun atau lainnya.

Piezometer berfungsi sebagai alat penunjuk untuk memantau kedalaman muka air tanah pada lahan usaha berupa sawah, ladang atau kebun, sehingga dapat mengusahakan kondisi air tanah tersebut sesuai yang diinginkan untuk kebutuhan tanaman pada sawah, ladang atau kebun.

Piezometer ini dapat sebagai acuan dan panduan bagi Petugas lapangan dalam pengaturan tinggi muka air tanah pada lahan usaha daerah dengan dikombinasikan dengan pintu pengatur atau stoplog yang ditempatkan di saluran sekunder atau tersier.

1.3.2 Tujuan

Tujuan pemasangan Piezometer adalah:

- a. Sebagai pengukur kedalaman air tanah pada lahan persawahan atau kebun.
- b. Sebagai penanda keberadaan air di lahan persawahan khususnya pada bawah permukaan tanah.
- c. Sebagai penanda cukup atau tidaknya kondisi air bawah permukaan untuk usaha bertanam padi-padian atau tanaman kebun.

1.3.3 Manfaat Piezometer

Manfaat dan perlunya Piezometer :

- a. Merupakan usaha untuk mendapat petunjuk kecukupan air bagi kebutuhan air untuk tanaman.

- b. Cara pembuatan sederhana, mudah dan memanfaatkan bahan-bahan yang ada.
- c. Sebagai usaha dan cara mendapatkan dan memanfaatkan cadangan air bawah permukaan lahan.

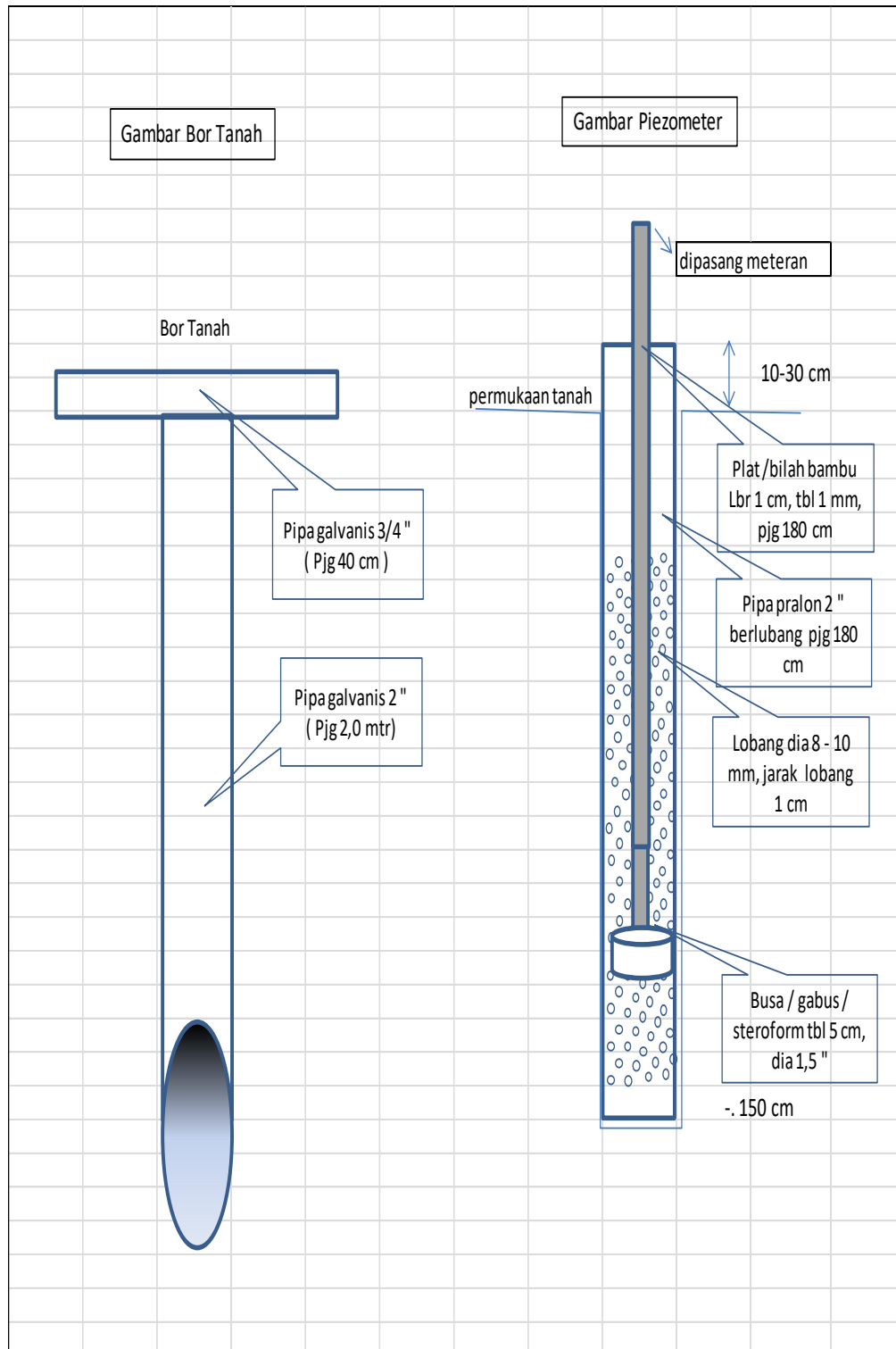
1.3.4 Cara Pembuatan Piezometer

Cara pembuatan piezometer adalah sebagai berikut:

- a. Piezometer dibuat dari bamboo atau pipa paralon dengan diameter 6 sampai 10 cm dengan panjang 100 cm untuk tanaman padi atau palawija, 150 cm untuk tanaman kebun.
- b. Bambu atau pipa paralon, pada bagian tepinya dilubangi beberapa dengan bor yang diameternya 1 cm.
- c. Pada bagian ujung yang akan ditempatkan pada bagian bawah harus ditutup dengan tutup plastik paralon atau papan, supaya lumpur dari bagian bawah tidak masuk kedalam bagian dalam pipa paralon.
- d. Pipa paralon kecil diletakkan pada bagian dalam, dengan diberi tanda meteran bagian ujung bawah dipasang pelampung, sehingga dapat berfungsi sebagai penunjuk kedalaman air.
- e. Cara pemasangan Piezometer ditempatkan ditengah blok, dengan cara pemasangan dibor dahulu, baru pipa piezometer diletakkan pada lubang yang telah dibor sampai kedalaman tertentu, 100 cm untuk rencana tanaman padi, 150 cm untuk rencana tanaman kebun, merteran paralon kecil yang telah diberi pelampung ditempatkan ditengah pipa, sehingga bila sumuran telah terisi air bawah permukaan, maka air akan mengangkat pelampung sehingga kedalaman air dapat dibaca.

1.3.5 Alat Bantu Peilschaal dan Petunjuk Letak Piezometer

Papan peilschaal adalah berupa papan meteran yang dipasang pada pinggir saluran, yang ditengah lahan tersebut dipasang alat ukur Piezometer. Papan petunjuk letak piezometer ditempatkan dekat papan peilschaal dipasang.



Gambar 1. 1 Standard Piezometer



Gambar 1. 2 Bahan-bahan dan Proses Pembuatan Piezometer



Gambar 1. 3 Papan Peilschaal



Gambar 1. 4 Petunjuk Letak Piezometer

1.4 Rangkuman

Sungai merupakan tempat berkumpulnya air hasil dari curah hujan dalam suatu daerah pengaliran tertentu dan akan mengalirkan ke laut.

Penentuan lokasi pengamatan harus memperhatikan kondisi sungai yang akan diamati terutama tentang aliran yang terjadi pada lokasi tersebut diusahakan beraliran beraliran mendekati laminar.

Mengingat permukaan air dan tekanan air mempunyai hubungan linier (jika gaya gelombang ditiadakan), maka perubahan permukaan air itu dapat diukur dengan alat pengukur tekanan yang diletakkan di dasar sungai.

Piezometer adalah suatu alat yang dibuat dengan maksud untuk membantu dalam rangka pengelolaan pemanfaatan air tanah dangkal untuk keperluan usaha budidaya bercocok tanam atau kebutuhan air diareal perakaran tanaman kebun atau lainnya.

Tujuan pemasangan Piezometer adalah:

- a. Sebagai pengukur kedalaman air tanah pada lahan persawahan atau kebun.
- b. Sebagai penanda keberadaan air di lahan persawahan khususnya pada bawah permukaan tanah.

- c. Sebagai penanda cukup atau tidaknya kondisi air bawah permukaan untuk usaha bertanam padi-padian atau tanaman kebun.

Papan peilschaal adalah berupa papan meteran yang dipasang pada pinggir saluran, yang ditengah lahan tersebut dipasang alat ukur Piezometer.

1.5 Latihan

Jawablah pertanyaan di bawah ini!

1. Sebutkan hal yang perlu disiapkan dalam pemilihan lokasi penempatan alat duga muka air!
2. Jelaskan tujuan pemasangan Piezometer!

MATERI POKOK 2

PENGUKURAN DEBIT

Indikator keberhasilan: setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu mengelaborasi dan memeriksa hasil pengukuran debit.

2.1 Pengukuran Debit

Cara-cara pengukuran debit dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Pengukuran debit dengan bendung.
- Perhitungan debit dengan mengukur kecepatan aliran dan luas penampang melintang (untuk pengukuran kecepatan digunakan pelampung atau pengukur arus dengan kincir).
- Didapat dari kerapatan larutan obat.
- Dengan menggunakan pengukur arus magnetis, pengukur arus gelombang supersonis, meter venturi dan seterusnya.

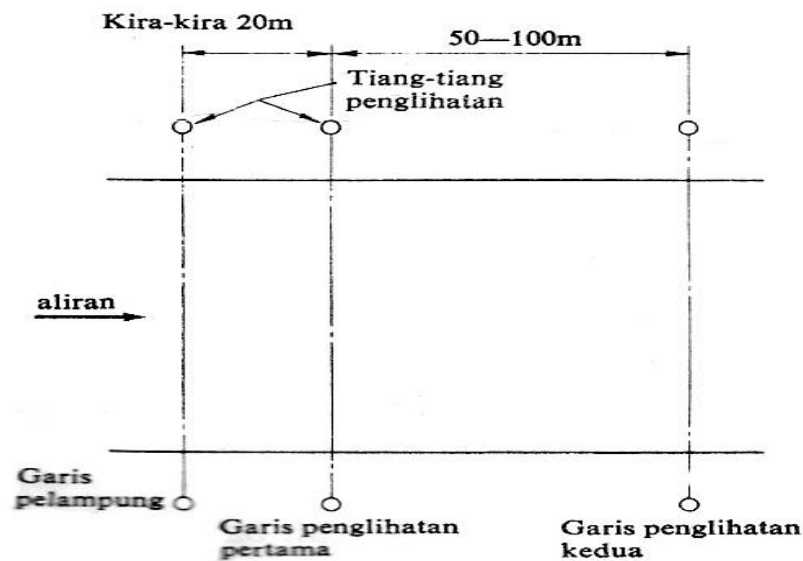
Dari cara-cara pengukuran debit tersebut diatas cara menghitung debit dengan pengukuran kecepatan dan luas penampang melintang adalah yang sering digunakan.

2.2 Mengukur Kecepatan Aliran dengan Pelampung

Cara ini dapat dengan mudah digunakan meskipun permukaan air sungai itu tinggi. Cara ini sering digunakan karena tidak dipengaruhi kotoran atau kayu-kayuan yang hanyut dan mudah dilaksanakan.

Tempat yang harus dipilih adalah bagian sungai yang lurus dengan perubahan lebar sungai, dalamnya air dan gradien yang kecil. Seperti terlihat pada Gambar 2.1, tiang-tiang untuk observasi dipancangkan pada dua buah titik dengan jarak dari 50 sampai 100 m. Waktu mengalirnya pelampung diukur dengan “stopwatch”. Setelah kecepatan aliran dihitung maka diadakan perhitungan debit yakni kecepatan kali luas penampang melintangnya. Biasanya digunakan tiga buah pelampung yang dialirkan pada satu garis pengukuran aliran dan diambil kecepatan rata-rata. Mengingat arah mengalirnya pelampung itu dapat dirubah oleh pusaran-

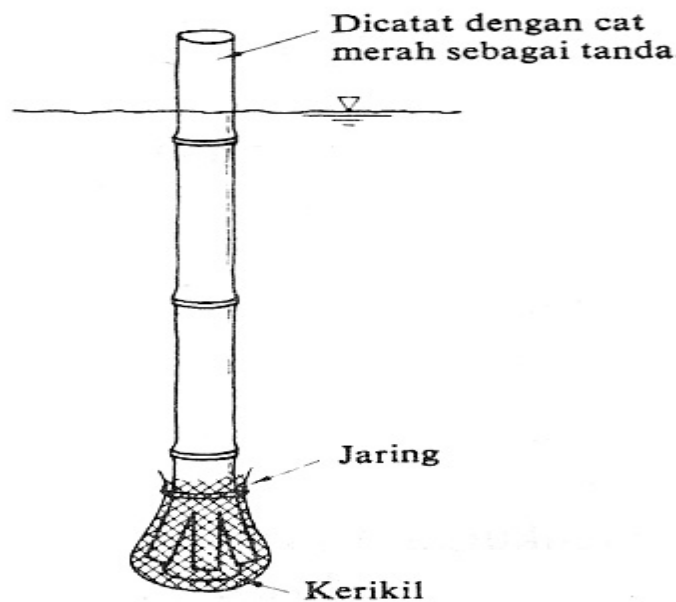
pusaran air dan lain-lain, maka harga yang didapat dari pelampung yang arahnya sangat berbeda harus ditiadakan.



Gambar 2. 1 Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Pelampung

- a. Pelampung permukaan: untuk mengukur kecepatan aliran permukaan digunakan sepotong kayu dengan diameter 15 sampai 30 cm, tebal 5 cm. Agar mudah dilihat, kayu itu dicat atau kadang-kadang pada malam hari dipasang bola lampu listrik yang kecil. Bahan dari pelampung yang digunakan adalah tidak tentu, sepotong kayu, seikat jerami, botol dan lain-lain. Pengukuran kecepatan aliran dengan pelampung permukaan digunakan dalam keadaan banjir atau jika diperlukan segera harga perkiraan kasar dari debit, karena cara ini adalah sangat sederhana dan dapat menggunakan bahan tanpa suatu pilihan. Akan tetapi harga yang diteliti adalah sulit diketahui karena disebabkan oleh pengaruh angin atau perbandingan yang berubah-ubah dari kecepatan aliran permukaan terhadap kecepatan aliran rata-rata yang sesuai dengan keadaan sungai. Kecepatan rata-rata aliran pada penampang sungai yang diukur adalah kecepatan pelampung permukaan dikalikan dengan koefisien 0.70 atau 0.90 tergantung dari keadaan sungai dan arah angin. Dr. Bazin menggunakan koefisien 0.86.
- b. Pelampung tangkai: pelampung tangkai dibuat dari sepotong/setangkai kayu atau bambu yang diberi pemberat pada ujung bawahnya. Seperti terlihat pada Gambar 2.2, pemberat itu dibuat dari kerikil yang dibungkus dengan jaring atau

kain di ujung bawah tangkai. Sebelum digunakan di sungai, maka kedalaman yang cocok tangkai itu harus ditentukan terlebih dahulu dalam tangki air.



Gambar 2. 2 Pelampung Tongkat

- c. Koefisien: pada Gambar 2.3 ditunjukkan distribusi kecepatan aliran sesuai dengan kedalaman dari permukaan air. Pelampung tangkai itu dipengaruhi oleh kecepatan pada permukaan sampai ke dekat dasar sungai. Jadi cara ini lebih teliti bila dibanding pelampung permukaan dan pelampung ganda. Akan tetapi kedalaman tangkai tidak boleh mencapai dasar sungai sehingga tangkai tidak dipengaruhi oleh bagian kecepatan yang lambat pada lapisan bawah. Jadi hasil yang didapat adalah lebih tinggi dari kecepatan rata-rata, sehingga kecepatan pelampung harus disesuaikan dengan sesuatu koefisien. Menurut Dr. Y.B. Francis, harga ini dapat dihitung menurut rumus sebagai berikut (tahun 1856):

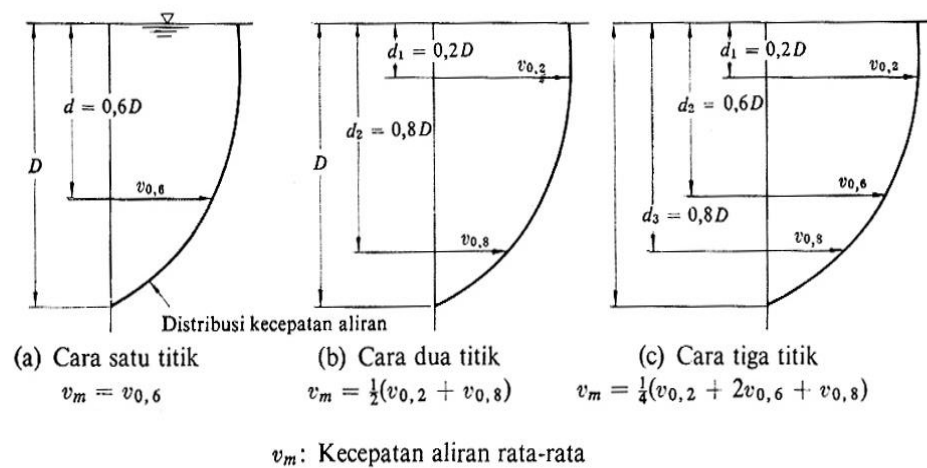
$$\gamma = \frac{V}{u} = 1 - 0.116(\sqrt{1-\lambda} - 0.1)$$

dengan : γ = koefisien

V = kecepatan rata-rata.

u = kedalaman pelampung tangkai

$$\lambda = \frac{\text{kedalaman tangkai}}{\text{dalamnya air}}$$



Gambar 2. 3 Perhitungan Kecepatan Aliran Rata-rata

Pada angka-angka λ yang tertentu, koefisien γ dapat dihitung :

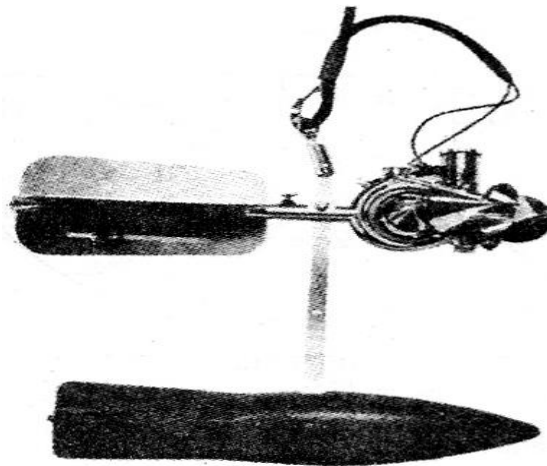
λ	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	1.00
γ	4	1	8	5	1	0

Pada jenis pelampung, dalamnya air dan kedalaman tangkai ditentukan sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Kedalaman Air dan Kedalaman Tangkai

Pelampung	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
Dalamnya air (m)	<0.70	0.7-1.30	1.30-2.60	2.60-5.40	>5.20
Kedalaman tangkai	0.0	0.50	1.0	2.0	4.0
Koefisien Modifikasi	0.85	0.88	0.91	0.94	0.96

Alat ukur arus ini ada berjenis-jenis yaitu jenis *Price*, jenis *Waltman*, dan lain-lain. Pada kedua jenis ini, jumlah putaran mangkok atau baling-baling menunjukkan kecepatan aliran seperti yang terlihat pada Gambar 2.5. Alat ukur itu dipasang pada sebuah tangkai atau digantungkan pada kabel karena pada kecepatan aliran yang tinggi gaya yang bekerja pada alat itu adalah besar. Agar tidak dihanyutkan, maka alat ukur arus yang digantungkan pada kabel itu harus digantungi pemberat. Bagian yang berputar 10 kali putaran sehingga kecepatan aliran dapat diukur dengan menghitung waktu yang diperlukan untuk jumlah putaran tertentu. Disamping alat ini, telah terdapat alat ukur arus yang secara listrik langsung merubah putaran itu menjadi kecepatan. Waktu yang diperlukan untuk satu pengukuran adalah 40 sampai 70 detik, termasuk faktor-faktor keseimbangan jumlah putaran, kesalahan waktu yang diukur dan lain-lain.



Gambar 2. 5 Alat Ukur Arus Air dengan Listrik (Jenis Price)

Pemeriksaan bagian yang berputar itu dilakukan dengan pergerakan bagian ini dengan kecepatan yang tetap dalam air yang statis. Dengan pemeriksaan ini, maka koefisien-koefisien yang dapat ditentukan sehingga kecepatannya dapat diperoleh dari jumlah putaran itu:

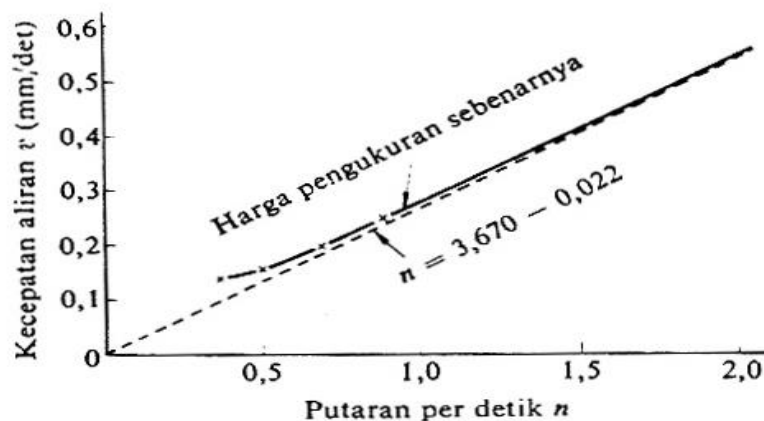
$$V = a n + b$$

V = kecepatan aliran (m/detik)

n = jumlah putaran dalam waktu yang tertentu

a dan b = tetapan/koefisien yang diperoleh dari pemeriksaan

Dalam praktek, hubungan antara jumlah putaran dan kecepatan aliran adalah tidak linier. Umumnya pada putaran yang kecil, kecepatannya terlihat menjadi agak besar seperti terlihat pada Gambar 3.6. Jadi untuk kecepatan yang kurang dari 30 m/detik, harus diperhatikan bahwa kesalahan-kesalahan yang dibuat adalah agak besar. Akan tetapi, mengingat telah terdapat alat ukur arus untuk kecepatan yang rendah (0.05 sampai 1.0 m/detik), maka sebaiknya untuk kecepatan ini harus digunakan alat jenis ini. Jika pengukuran diadakan dengan berjalan kaki, maka harus dijaga supaya posisi kaki tidak mengganggu aliran itu. Untuk pengukuran sering digunakan perahu, jembatan atau kotak yang digantungkan pada kabel yang melintasi sungai.



Gambar 2. 6 Kurva Pemeriksaan Alat Ukur Arus

Seperti terlihat dalam Gambar 2.3, cara pengukuran titik adalah sebagai berikut: Cara satu titik (untuk dalamnya kurang dari 60 m), cara dua titik, dan tiga titik dalam satu penampang yang tergantung dari dalamnya air. Harga yang diperoleh dari cara ini dianggap sebagai rata-rata yang mewakili penampang. Cara yang paling tepat adalah cara yang menghitung kecepatan rata-rata dari pengukuran yang mendetail dalam suatu arah vertikal dan penggunaan integrasi dengan rumus trapezoidal.

Umpamanya dalamnya air = D dan dalamnya penguluran = d . Untuk cara pengukuran satu titik, maka kecepatan aliran diukur pada $d/D = 0.60$ dan dianggap sebagai kecepatan rata-rata pada garis pengukuran itu. Untuk cara pengukuran dua titik, maka kecepatan aliran diukur pada $d/D = 0.20$ dan 0.80 dan harga rata-rata

dari kedua hasil yang didapat dianggap sebagai kecepatan rata-rata garis pengukuran itu.

2.4 Survey Penampang Melintang

Untuk menghitung debit, baik pengukuran dengan pelampung maupun dengan alat ukur arus, diperlukan luas penampang melintang. Pada titik pengukuran dipasang titik tetap (*Bench Mark*) lalu diadakan survei penampang melintang sebelum diadakan pengukuran. Pada Tabel 2.2. diperlihatkan standar interval pengukuran dalamnya air untuk survei penampang melintang jika pengukuran diadakan dengan pelampung.

Tabel 2. 2 Interval Pengukuran dalamnya Air

Lebar sungai (m)		100	100-200	Lebih dari 200
Interval (m)	Di atas tanah	Kurang dari 5	Kurang dari 10	Kurang dari 20
	Dalamnya air	Kurang dari 5	Kurang dari 5	Kurang dari 10

Makin dekat interval garis pengukuran kecepatan itu, makin tinggi ketelitian yang didapat. Akan tetapi mengingat pada keadaan banjir permukaan air itu berubah-ubah, maka pengukuran dengan interval yang berdekatan yang memerlukan waktu yang banyak harus dihindarkan. Pada Tabel 2.3. memperlihatkan ancar-ancar standar interval garis pengukuran.

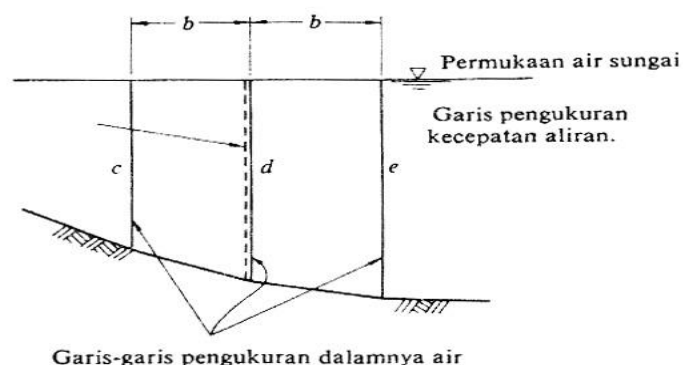
Tabel 2. 3 Interval Pengukuran Kecepatan Air

Lebar sungai	Kurang dari	Kurang dari	Kurang dari	Kurang dari	Kurang dari	Kurang dari
(m)	50	50 - 100	100-200	200-400	400-800	800
Banyaknya Penampang	3	4	5	6	7	8

Tabel 2. 4 Standar Interval Garis Pengukur

Lebar permukaan air	Interval garis-garis pengukur dalamnya air	Interval garis-garis pengukur kecepatan aliran
B (m)	(m)	(m)
Kurang dari 10	$0.1 B - 0.15B$	
10-20	1	2
20-40	2	4
40-60	3	6
60-80	4	8
80-100	5	10
100-150	6	12
150-200	10	20
Lebih dari 200	15	30

Tabel 2.4 memperlihatkan standar interval pengukuran dalamnya air dan interval pengukuran kecepatan untuk pengukuran dengan alat ukur arus. Banyaknya garis pengukuran dalamnya air adalah dua kali banyaknya garis pengukuran kecepatan. Hal ini akan mempermudah perhitungan luas penampang melintang dengan menggunakan rumus trapezoidal, perhitungan kecepatan rata-rata dan perhitungan debit. Jika interval pengukuran dalamnya air adalah b seperti terlihat dalam Gambar 2.7, maka luas penampang dan debit adalah:

**Gambar 2. 7 Garis-garis Pengukuran**

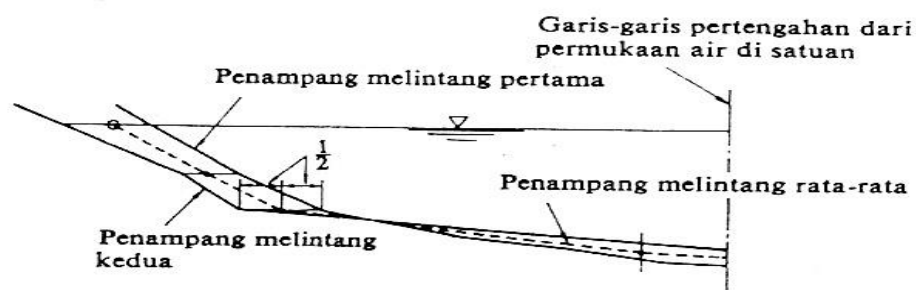
$$Fd = 2 \times b \times \frac{c + 2d + e}{4}$$

$$Qd = Fd \times Vd$$

Fd = luas penampang melintang antara garis pengukuran dalamnya air c dan e.
c, d, e = dalamnya air pada setiap garis pengukuran.

Vd = kecepatan aliran rata-rata pada garis pengukuran pengaliran d.

Jika digunakan alat ukur arus, maka sebuah penampang melintang adalah cukup untuk pengukuran itu. Akan tetapi, jika digunakan pelampung, maka untuk memperoleh penampang melintang rata-rata dibutuhkan paling sedikit dua atau tiga penampang melintang. Seperti terlihat dalam Gambar 2.8 garis tengah lebar permukaan air kedua penampang melintang yang diukur pada waktu yang bersamaan satu sama yang lain (berimpitan). Penampang melintang rata-rata itu didapat dengan menentukan titik-titik pertengahan garis-garis pertengahan horizontal dan vertikal yang di gambar pada beberapa bagian dari penampang melintang rata-rata antara penampang teratas dan penampang terbawah. Kemudian dibuatkan penampang rata-rata antara penampang rata-rata tersebut di atas. Dengan penampang melintang yang di tengah.



Gambar 2. 8 Penampang Melintang Rata-rata

Jika pasir dan kerikil di dasar sungai pada penampang pengukuran ikut bergerak dengan air, maka akan terjadi perubahan besar. Penampang melintang yang diukur itu tidak dapat digunakan karena akan terdapat kesalahan yang besar. Dalam hal demikian, dalamnya air harus diukur dengan menggunakan bola tembaga dengan menggunakan kabel. Tetapi di sungai yang dalam dan deras bola tembaga itu masih dihanyutkan sehingga hasil pengukurannya harus disesuaikan untuk mendapatkan dalamnya air yang besar.

Tabel 2. 5 Contoh Formulir Pencatatan untuk Pengukuran Debit dengan Pelampung

Permukaan air									
Tanda permukaan air dasar			Tanda permukaan air pertama			Tanda permukaan air pertama			
Waktu	Permukaan air (m)		Waktu	Permukaan air (m)		Waktu	Permukaan air (m)		
(jam, menit)	maks	min	Rata-rata	(jam, menit)	maks	min	Rata-rata	(jam, menit)	maks
Permulaan	6.01	.	6.98	.	.	.	6.03	.	6.97
Akhir	6.15	.	7.02	.	.	.	6.16	.	7.01
Rata-rata	6.08	.	7.00	.	.	.	6.10	.	6.99

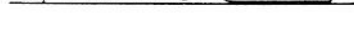
Catatan

Tabel 2. 6 Contoh Formulir Pencatatan untuk Pengukuran Debit dengan Alat Ukur Arus

Tanggal pengamatan	1961.8.2			Cuaca	Berawan
Waktu	Pertama			Aran angin	Dari hulu
Nama sipencatat	Taro Yamada			Kecepatan angin	Angin kencang
	Pemimpin kelompok	Pelampung	Pengli-hatan	Permukaan air	Waktu pengamatan (jam, menit)
					Permulaan 6,00 Akhir 6,16
Garis pengukuran No.	Pelampung No.	Kedalaman (m)	Waktu pelepasan (jam, menit)	Waktu yang diperlukan untuk mengalir (det)	Kondisi aliran
1	3	1,5	6.01	84.0	Normal
2	5	5.0	6.04	44.0	Normal
3	5	5.0	6.06	41.4	Normal
4	5	5.0	6.9	45.6	Normal
5	5	5.0	6.11	48.0	Normal
6	4	2.5	6.13	12.4	Normal
.	.	.	.	.	.

Tabel 2. 7 Contoh Formulir Pencatatan untuk Pengukuran Debit dengan Alat Ukur Arus

Garis pengukuran No.	Jarak dari kiri kanan tepian (m)	Dalam air (m)			Luas potongan melintang								
		Menuju ke	Kembali dari	Rata-rata	Dalam air dari pertengahan	Dalam air rata-rata	Pembagian lebar	Penampang melintang pembagian (m ²)	Jumlah (m ²)				
1	0			0									
					0,18								
2	2	0,34	0,36	0,35		0,18 0,40	2 1	0,36 0,40	0,76				
					0,46								
3	4	0,58	0,59	0,58		0,52 0,62	1 1	0,52 0,62	1,14				
					0,66								
4	6	0,74	0,76	0,75		0,70 0,75	1 1	0,70 0,75	1,45				
					0,75								
5	8			0,75									
Antara titik pengukuran													
Dalam alat ukur arus	Ba-nyaknya pendu-gaan	Waktu yang diper-lukan	Kecepa-tan aliran pada titik peng-u-kuran (m/det)	Kecepa-tan aliran rata-rata (m/det)	Di da-lam (m)	Kecepa-liran areal (m ² /det)	Dalam alat ukur arus	Ba-nyaknya pendu-gaan	Waktu yang di-perlu-kan	Kecepa-tan aliran pada titik peng-u-kuran (m/det)	Kecepa-tan aliran rata-rata (m/det)	Di da-lam (m)	Kecepatan aliran areal (m ² /det)
(m)		(det)					(m)		(det)				
0		(0,57)		0,57	0,1	0,057	0		(0,76)		0,76	0,1	0,076
0,1	6	37,8	0,57	0,56	0,1	0,056	0,1	6	28,2	0,76	0,76	0,1	0,076
0,2	6	39,0	0,55	0,52	0,1	0,052	0,2	6	27,8	0,77	0,75	0,1	0,075
0,3	6	43,3	0,50	0,25	0,05	0,012	0,3	6	29,4	0,73	0,66	0,1	0,066
0,35		(0)					0,4	6	26,0	0,60	0,56	0,1	0,056
							0,5	6	41,4	0,52	0,26	0,1	0,021
							0,58		(0)				



$$Ae = ab \sec \theta$$

Selisih antara ef dan dalamnya air bc dinyatakan secara empiris dengan $k \times ef$. Tabel 3.5. memperlihatkan angka tabel dari Dr. F.C. Schnehong. Sebagai contoh:

$$ab = 5 \text{ m}, \quad af = 9 \text{ m}, \quad \theta = 28^\circ.$$

$$ae = 5 \text{ m} \times 1.1326 = 5.86 \text{ m}$$

$$ef = 9 \text{ m} - 5.86 \text{ m} = 3.32 \text{ m}$$

$$bc = 3.32 \text{ m} - 0.0408 \times 3.32 \text{ m} = 3.185 \text{ m}.$$

Jadi dalamnya air telah dikorisir.

Hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

- Bola tembaga itu harus mencapai dasar sungai.
- Kabel harus berada dalam keadaan tegang.

Tabel 2. 9 Penyesuaian dalamnya Air

θ	$\sec \theta$	K	θ	$\sec \theta$	K
4	1,0024	0,0006	22	1,0785	0,0248
6	1,0055	,0016	24	1,0946	,0296
8	1,0098	,0032	26	1,1126	,0350
10	1,0154	,0050	28	1,1326	,0408
12	1,0223	,0072	30	1,1547	,0472
14	1,0306	,0098	32	1,1792	,0544
16	1,0403	,0128	34	1,2062	,0620
18	1,0515	,0164	36	1,2361	,0698
20	1,0642	,0204			

2.5 Kurva Permukaan Air-Debit

2.5.1 Koreksi Debit

Jika aliran sungai itu dianggap berada dalam kondisi yang seragam (*Uniform Flow*), maka satu detik akan sesuai dengan satu keadaan permukaan air. Pengukuran air itu dapat diadakan suatu bagian yang linier yang tidak mempunyai perubahan gradien yang tiba-tiba. Akan tetapi, dalam kenyataan, permukaan air yang sama pada periode peningkatan banjir dan periode pengukuran banjir mempunyai debit yang berbeda-beda. Seperti terlihat dalam Gambar 2.10, debit pada periode peningkatan banjir adalah lebih besar dari debit pada periode pengukuran banjir, karena pada periode peningkatan banjir, permukaan air di hulu

meningkat lebih cepat, gradien permukaan air menjadi lebih curam sehingga kecepatannya lebih tinggi. Pada sungai dengan kemiringan dasar yang curam, kenyataan di atas ini dapat diabaikan. Sebaliknya pada sungai yang mempunyai kemiringan dasar yang kecil hal ini tidak dapat diabaikan.

Tabel 2. 10 Contoh Formulir Pencatatan untuk Pengukuran Debit dengan Alat Ukur Arus untuk Permukaan Sungai dan Debit

Garis pengukuran No.	Jarak dari kiri ke kanan tepian (m)	Dalam air (m)			Luas potongan melintang				
		Menuju ke	Kembali dari	Rata-rata	Dalam air dari pertengahan	Dalam air rata-rata	Pembagian lebar	Penampang melintang pembagian	Jumlah (m²)
4	6	0,74	0,76	0,75	0,75				
5	8	0,75	0,75	0,75	0,80	0,75 0,78	1 1	0,75 0,78	1,53
6	10	0,83	0,85	0,84	0,84	0,82 0,84	1 1	0,82 0,84	1,66
7	12	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84 0,85	1 1	0,84 0,85	1,69
8	14	0,84	0,86	0,85					

Dalam alat ukur arus (m)	Banyaknya pendugaan	Waktu yang diperlukan (det)	Antara titik pengukuran			Dalam alat ukur arus (m)	Banyaknya pendugaan	Waktu yang diperlukan (det)	Antara titik pengukuran				
			Kecepatan aliran rata-rata (m/det)	Interval (m)	Kecepatan aliran areal (m²/det)				Kecepatan aliran rata-rata (m/det)	Interval (m)	Kecepatan aliran areal (m²/det)		
0			(1,10)	1,10	0,1	0,110	0		(1,15)	0,15	0,1	0,115	
0,1	12	29,0	1,10	1,09	0,1	0,109	0,1	12	37,2	1,15	1,15	0,1	0,115
0,2	12	39,6	1,09	1,10	0,1	0,110	0,2	12	37,2	1,15	1,10	0,1	0,110
0,3	12	38,4	1,11	1,06	0,1	0,106	0,3	12	40,8	1,05	1,02	0,1	0,102
0,4	6	21,4	1,00	0,95	0,1	0,095	0,4	6	21,6	0,99	0,96	0,1	0,096
0,5	12	47,4	0,90	0,86	0,1	0,086	0,5	6	22,8	0,94	0,86	0,1	0,086
0,6	6	26,2	0,82	0,74	0,1	0,074	0,6	6	27,4	0,78	0,68	0,1	0,068
0,7	6	32,2	0,67	0,34	0,05	0,017	0,7	6	36,8	0,58	0,24	0,04	0,010
0,75			(0)				0,8	6	45,6	0,47			
							0,84			(0)			
Kecepatan aliran areal pada garis kecepatan (m²/det)						0,707	0,754						
Kecepatan aliran rata-rata pada garis pengukuran (m/det)						0,94	0,90						

Cara yang sederhana untuk mengoreksi debit adalah dengan membuat kurva hubungan antara persentase koreksi debit dan kecepatan perubahan permukaan air. Pembuatan kurva ini adalah sebagai berikut:

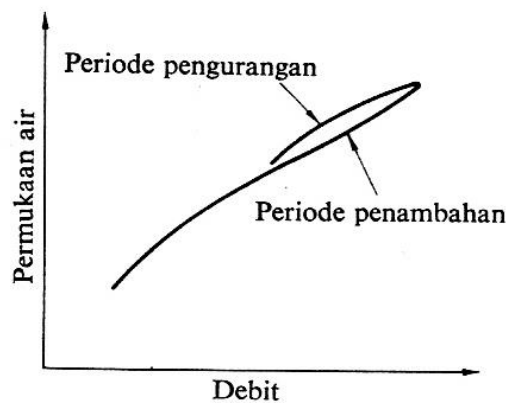
- Melakukan pengukuran debit pada beberapa kecepatan perubahan permukaan air, periode permukaan air yang tetap dan periode penurunan permukaan air, kemudian digambar seperti terlihat pada Gambar 2.11.
- Selanjutnya antara gambar harga-harga pada waktu kenaikan dan pada waktu penurunan itu digambarkan sebuah kurva debit. Kemudian dihitung persentase setiap harga yang diukur dan harga dari kurva debit ini pada keadaan permukaan air yang sama. Hubungan anantara persentase di atas ini dan kecepatan perubahan permukaan air pada waktu pengukuran juga digambar supaya dapat mengadakan koreksi debit. Dengan mengoreksi harga-harga

Tabel 2. 11 Contoh Formulir untuk Pengukuran Debit dengan Alat ukur Arus

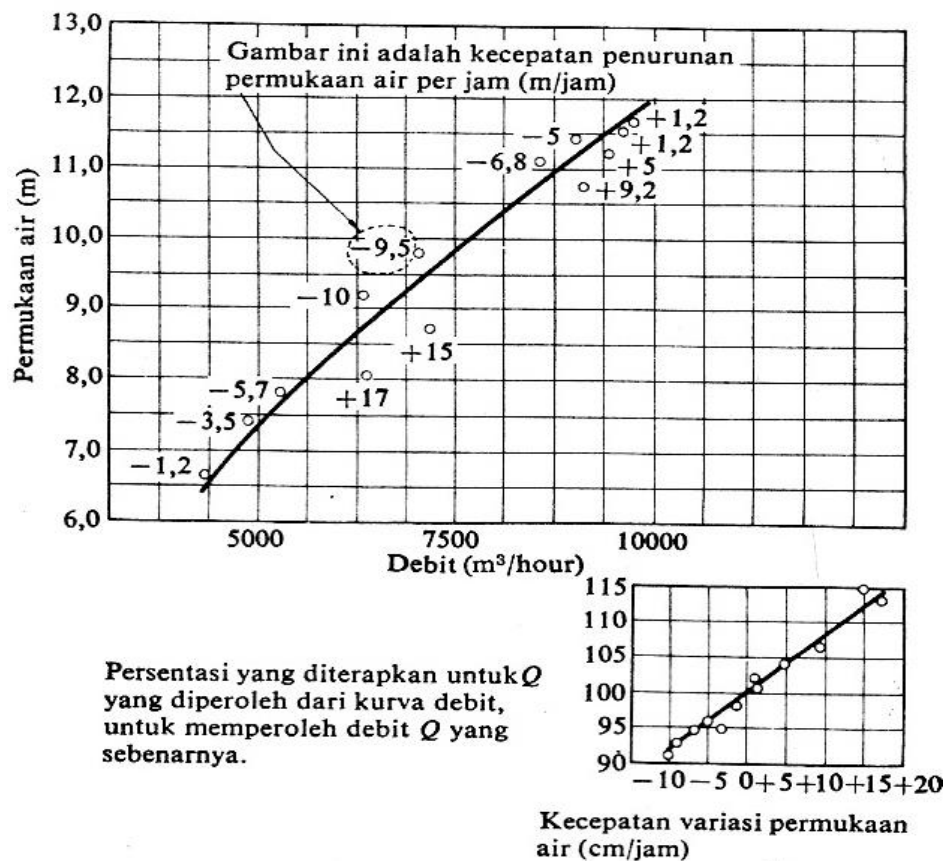
Gbr. 8-28(b)

STATION; _____

Elevation of zero point of water gauge; _____ m



Gambar 2. 10 Debit-debit pada Periode Penambahan dan Periode Pengurangan



Gambar 2. 11 Variasi Permukaan Air dan Laju Penyesuaian

2.5.2 Kurva Permukaan Air-Debit (Kurva Debit)

Jika pengamatan atau pengukuran permukaan air dan debit yang terbesar dari keadaan permukaan air yang tinggi sampai permukaan yang rendah lebih dari 10 kali, maka hubungan antara permukaan air dan debit dapat diperoleh dengan cara kwadrat terkecil. Kurva ini disebut kurva permukaan air-debit (kurva debit). Debit pada setiap permukaan air dapat diperkirakan dengan menggunakan kurva ini. Berikut ini adalah rumus-rumus yang digunakan sebagai rumus kurva debit:

$$\sqrt{Q} = ah + b$$

$$Q = ah^2 + bh + c$$

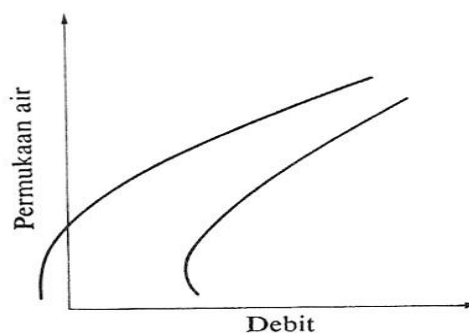
Q = debit

H = permukaan air

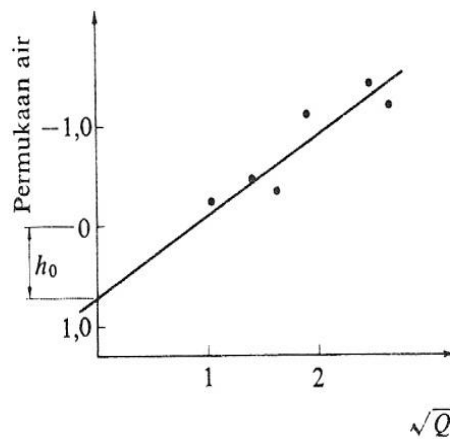
a, b dan c = tetapan-tetapan

Jika hubungan itu ditentukan dengan cara kwadrat terkecil dari data yang terbatas itu, dari sifat kurva dapat dilihat bahwa adalah tidak tepat menggunakan rumus diatas, maka penerapan rumus itu diadakan bagian demi bagian dengan membaginya dalam bagian keadaan air tinggi dan bagian keadaan air rendah.

Meskipun kurva debit itu ditentukan dengan cara kwadrat terkecil dari data yang terbatas itu, dari sifat kurva dapat dilihat bahwa tidak tepat menggunakan rumus di atas untuk keadaan air rendah. Dalam Gambar 2.12. diperlihatkan hasil perhitungan persamaan kwadrat ini bahwa debit pada permukaan air yang rendah menjadi negatif atau kadang-kadang menjadi besar.



Gambar 2. 12 Kurva Permukaan Air (lengkung/kurva debit)



Gambar 2. 13 Hubungan antara Permukaan Air dan $\sqrt{Q}$

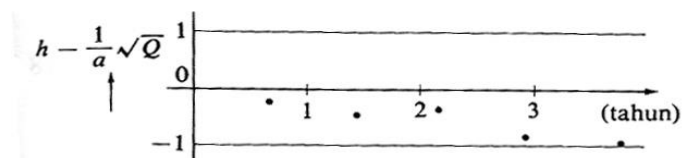
Sebelum perhitungan dengan cara kwadrat terkecil diadakan, hubungan antara $\sqrt{Q}$ dan permukaan air h harus digambar seperti terlihat pada Gambar 2.13 dan ditarik garis lurus yang menunjukkan perkiraan dari harga rata-rata.

$$\sqrt{Q} = ah + b$$

$$\sqrt{Q} = a(h - h_0)$$

Jadi a dan h_0 sebelumnya harus diperkirakan dari garis lurus tersebut di atas. Kemudian dengan mengadakan pengamatan keadaan sungai di lapangan harus dipastikan bahwa h_0 adalah kira-kira berimpitan dengan permukaan dasar sungai.

Kurva debit itu tidak dapat digunakan untuk jangka waktu yang lama, karena dasar sungai selalu berubah-ubah. Jadi debit itu harus disesuaikan dengan mengadakan pengamatan yang kontinyu. Seperti terlihat dalam Gambar 2.14 maka penting juga untuk mengetahui bagaimana perubahan tinggi h_0 dalam rumus diatas (h_0 dianggap sebagai perubahan permukaan dasar sungai).



Gambar 2. 14 Kondisi Dasar Sungai yang Berubah-ubah

2.6 Rangkuman

Untuk mengukur kecepatan aliran permukaan digunakan sepotong kayu dengan diameter 15 sampai 30 cm, tebal 5 cm. Agar mudah dilihat, kayu itu dicat atau kadang-kadang pada malam hari dipasang bola lampu listrik yang kecil.

Akan tetapi harga yang diteliti adalah sulit diketahui karena disebabkan oleh pengaruh angin atau perbandingan yang berubah-ubah dari kecepatan aliran permukaan terhadap kecepatan aliran rata-rata yang sesuai dengan keadaan sungai.

2.7 Latihan

Jawablah pertanyaan di bawah ini!

1. Sebutkan cara – cara pengukuran debit yang dapat dilakukan!
2. Apakah fungsi pelampung permukaan?

MATERI POKOK 3

ANALISIS HIDROLOGI

Indikator keberhasilan: setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu mengelaborasi dan memeriksa hasil analisis hidrologi.

3.1 Kondisi Curah Hujan

Dari data curah hujan yang dikumpulkan di beberapa stasiun hujan, selanjutnya dilakukan pensortiran data hujan. Dari kumpulan data hujan tersebut dilakukan analisa kelengkapan data maka untuk daerah Kanamit curah hujan yang akan di analisa lebih lanjut adalah data curah hujan yang ada, selanjutnya data-data ini dianalisa distribusinya dan dilakukan prediksi intensitas hujannya untuk time periode 2 tahun sampai 100 tahun.

3.2 Analisa Curah Hujan

Data curah hujan sangat diperlukan dalam setiap analisis hidrologi, terutama untuk menghitung debit banjir rencana baik secara empiris maupun model matematik. Hal tersebut disebabkan karena data debit untuk selang waktu pengamatan yang cukup panjang belum dapat diperoleh.

3.2.1 Intensitas Hujan

Untuk mendapatkan intensitas hujan dapat digunakan rumus-rumus, antara lain Menonobe, Talbot, Sherman, Ishiguro dan metode lainnya, dijelaskan sebagai berikut:

a. Rumus Mononobe

$$I = \left[\frac{R_{24}}{24} \quad \frac{R_{24}}{24} \right]^{2/3}$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

T = Waktu curah hujan (jam)

R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

b. Rumus Talbot

$$I = \frac{1}{t+b}$$

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

$$b = \frac{[I] \left[\frac{I.t}{t} \right] - N[I^2.t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

c. Rumus sherman

$$I = \frac{1}{t^n}$$

Dengan penjelasan:

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

$$n = \frac{[\log i][\log t] - N[\log t.\log I]}{N[\log t^2] - [\log t][\log t]}$$

d. Rumus ishiguro :

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

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

$$b = \frac{[I][I.vt] - M[I^2.vt]}{N[I^2] - [I][I]}$$

Keterangan :

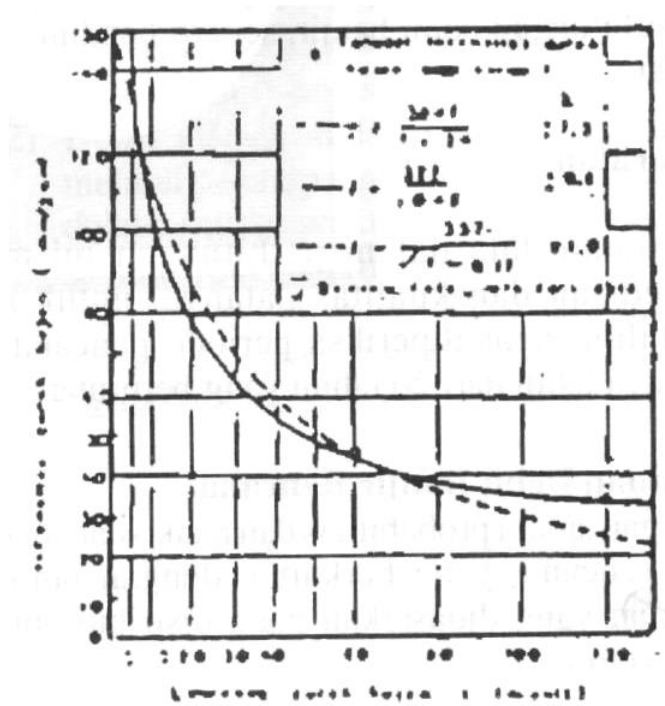
I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Waktu curah hujan (menit)

a, b, n = Konstanta

N = Jumlah data

Hasil perhitungan deras curah dengan rumus Talbot, Sherrman dan ishiguro dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Lengkung Intensitas Hujan

e. Metode lain

Metode lain untuk mendapatkan intensitas hujan, antara lain metode ARRO, dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Waktu curah hujan 12 jam dan 72 jam, dan kala ulang hingga 50 tahun, dihitung dengan rumus:

$$I_2^{24} = \text{Antilo} A$$

$$I_{50}^{24} = \text{Anto log } A(A + 2,0537 \text{ SDA})$$

$$I_2^{72} = \text{Anti log } B;$$

$$I_{50}^{72} = \text{Anti log } B(B + 2,0537 \text{ SDB});$$

$$I_2^{12} = 3,04(I_2^{24}) - 3,12(I_2^{72});$$

$$I_{50}^{12} = 3,04(I_{50}^{24}) - 3,12(I_{50}^{72});$$

Keterangan :

A = Rata rata logaritma A_i (A_i = deretan data curah hujan maksimum 24 jam maksimum setiap bulan)

B = Rata – rata logaritma B_i (B_i = deretan data curah hujan maksimum 72 jam setiap tahun)

SDA = Simpangan baku dari logaritma A_i

SDB = Simpangan baku dari logaritma B_i

I_t = Intensitas hujan dengan waktu curah hujan t jam dan kala ulang y tahun dinyatakan dalam mm/jam

2) Intensitas hujan dengan waktu curah hujan 1 – 12 jam dan berdasarkan data curah hujan 12 jam dapat di hitung dengan rumus:

$$R_t = C_t R_{12}$$

$$C_t = A \left(\frac{1,798}{t + 0,576} - 0,143 \right) + 1$$

Keterangan :

R_t = Deras curah hujan untuk durasi hujan t jam (mm/ jam)

R_{12} = Intensitas hujan dengan waktu curah hujan 12 jam, dinyatakan dalam mm/jam

C_t = Variabel regional yang tergantung pada waktu curah hujan dan lokasi

A = Konstanta regional berkisar antara 2,1 – 6,0

T = Waktu curah hujan Gam].

3) Curah hujan dengan selang waktu 6 sampai dengan 60 menit dihitung dengan rumus:

$$\pi M = K_m \gamma 60$$

$$K_m = 0,309 + \frac{49,586}{t + 11,767} ,$$

Keterangan :

γ_m = Intensitas hujan untuk waktu curah hujan t menit [mm/jam]

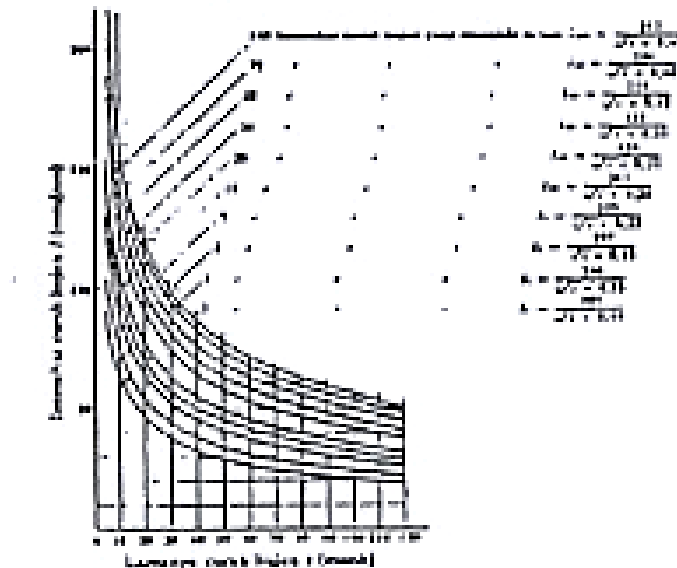
γ_{60} = Intensitas hujan untuk waktu curah hujan 60 menit [mm/jam]

K_m = Variabel yang bergantung pada waktu curah hujan

T = Waktu curah hujan [menit].

3.2.2 Intensitas Hujan, Frekuensi dan Waktu Curah Hujan

Lengkung hubungan antara frekuensi, intensitas hujan dan waktu curah hujan digunakan untuk mendapatkan besar intensitas curah hujan sesuai dengan waktu konsentrasi (lihat Gambar 3.2)



Gambar 3. 2 Lengkung Intensitas Hujan Frekuensi dan Waktu Curah Hujan

Metode perhitungan pendekatan yang lazim digunakan untuk mendapatkan hubungan antara intensitas hujan, frekuensi, dan waktu curah hujan adalah metode empiris dari Bell dan analisis frekuensi dari EJ. Gumbel, dijelaskan sebagai berikut:

- Metode *Bell* digunakan untuk menentukan tingkat curah hujan dengan berbagai waktu curah hujan dari 5 samapai 120 menit, dan kala ulang dari 2 sampai 100 tahun, apabila diketahui besar curah hujan dengan waktu curah hujan 60 menit dan kala ulang 10 tahun, dapat digunakan persamaan berikut:

$$P_T^t = (0,211nT + 0,52)(0,54t^{0,25} - 0,50)P_{10}^{60}$$

Keterangan :

P = Curah hujan [mm]

T = Kala ulang [tahun]

t = Waktu curah hujan [menit] ln

ln T = Logaritma naturalis dari kala ulang T (tahun)

b. Metode Gumbel dapat digunakan untuk analisis statistik curah hujan maupun debit.

3.2.3 Rata-rata Curah Hujan

Metode yang digunakan untuk merata-rata curah hujan suatu DPS adalah metode rata-rata hitung, metode Thiessen dan metode isohiet, dijelaskan sebagai berikut:

a. Metode rata-rata hitung ditentukan dengan cara menjumlahkan tinggi hujan dari semua tempat pengukuran selama kala tertentu, dibagi dengan jumlah pos pengukuran, metode ini sebaiknya dipakai pada daerah yang datar, pos hujan banyak dan sifat hujannya merata, digunakan rumus:

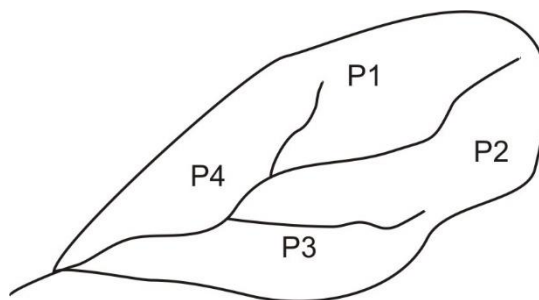
$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

Keterangan :

P = Tinggi hujan rata-rata (mm)

P₁....P_n = Tinggi hujan pada setiap pos hujan yang diamati (mm)

n = Banyaknya pos hujan



Gambar 3. 3 Hujan Rata-Rata untuk Metode Rata-Rata Hitung

b. Metode Thiessen ditentukan dengan cara membuat polygon antar pos hujan pada suatu wilayah DPS kemudian tinggi hujan rata-rata daerah dihitung dari

jumlah perkalian antara tiap-tiap luas polygon dan tinggi hujannya dibagi dengan luas seluruh DPS, metoe ini cocok untuk menentukan tinggi hujan rata-rata, apabila pos hujannya tidak banyak dan tinggi hujannya tidak merata, digunakan rumus:

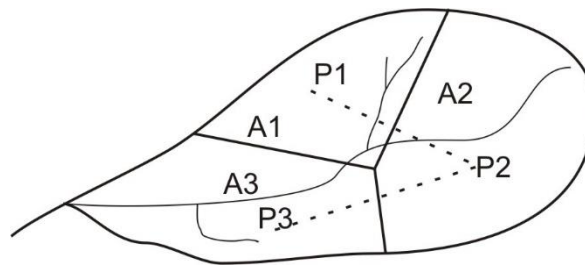
$$P = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_{total}}$$

Keterangan :

P = Tinggi hujan rata-rata (mm)

P1..Pn = Tinggi hujan pada setiap pos (mm)

A1..An = Luas yang dibatasi garis polygon (km²)



Gambar 3. 4 Hujan Rata-Rata untuk Metode Thiessen

Metode Isohiet ditentukan dengan cara menggunakan peta garis kontur tinggi hujan suatu daerah dan tinggi hujan rata-rata DPS dihitung dari jumlah perkalian tinggi hujan rata-rata diantara garis isohiet dengan luas antara kedua garis isohiet tersebut, dibagi luas seluruh DPS. Metode ini cocok untuk daerah pegunungan dan yang berbukit-bukit, digunakan rumus:

$$P = \frac{A_1 (P_1 + P_2)}{A_t 2} + \frac{A_2 (P_2 + P_3)}{A_t 2} + \dots + \frac{A_n (P_n + P_{n+1})}{A_t 2}$$

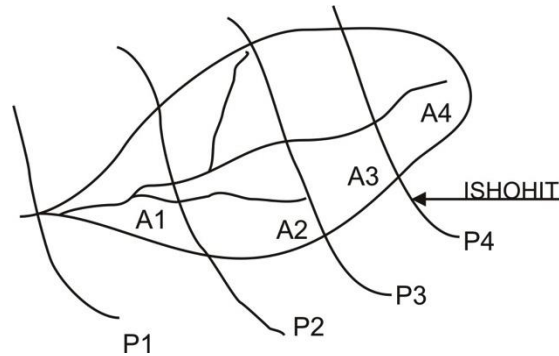
Keterangan :

P = Tinggi hujan rata-rata (mm)

P1..Pn = Tinggi hujan yang sama pada setiap garis isohiet (mm)

A1...An = Luas yang dibatasi garis isohiet (km²)

At = Luas total DPS (A1+A2+...An) (km.2)



Gambar 3. 5 Hujan Rata-Rata untuk Metode Isohiet

3.2.4 Pengisian Data Hujan yang Hilang

Stasiun hujan kadang-kadang tidak dapat bekerja dengan baik, sehingga data curah hujan kurang lengkap. Pengisian kekosongan data hujan tersebut dilakukan dengan metode pendekatan sebagai berikut:

- Menentukan hujan rata-rata pada stasiun terdekat dengan stasiun hujan yang tidak mempunyai data.
- Faktor bobot didasarkan pada suatu nilai ratio hujan tahunan, ditentukan dengan rumus:

$$P_x = \frac{1}{3} \left[P_a \frac{A_{nx}}{A_{na}} + P_b \frac{A_{nx}}{A_{nb}} + P_c \frac{A_{nx}}{A_{nc}} \right] + \left[P_n \frac{A_{nn}}{A_n} \right]$$

P_x = Tinggi hujan pada stasiun yang datanya tidak lengkap (mm)

$P_{a,b,c}$ = Tinggi hujan dari stasiun di a, b, dan c (mm)

A_{nx} = Tinggi hujan tahunan dari stasiun hujan yang datanya tidak lengkap (mm)

$A_{na,b,c}$ = Tinggi hujan tahunan dari stasiun hujan di a, b dan c (mm)

- Melakukan analisis regresi pada stasiun hujan terdekat.

3.2.5 Distribusi Waktu Tinggi Hujan

Distribusi waktu tinggi hujan sangat besar pengaruhnya terhadap hidrograf banjir, dan untuk distribusi tertentu dapat memberikan besaran yang berbeda.

3.2.6 Penentuan Proses Hujan

Analisis kerapatan stasiun hujan yang ada perlu dilakukan, karena keadaan tinggi hujan dan karakteristik DPS biasanya berbeda-beda, serta jaringan pos hujan belum memadai. Sebagai ketentuan yang dianjurkan oleh WMO dapat dilihat pada tabel 3.1:

Tabel 3. 1 Kerapatan Minimum Jaringan Stasiun Hujan di Daerah Tropik

Tipe daerah	Luas (km ²) untuk 1 stasiun hujan	
	Daerah normal	Daerah sulit
Daerah datar	600 - 900	900 - 3000
Daerah berbukit / bergunung	100 - 250	250 - 1000

3.3 Analisis Probabilitas Frekuensi

Analisis hubungan kala ulang dan perhitungan probabilitas dinyatakan dengan $p = 1/T$. Untuk perhitungan probabilitas dapat ditentukan dengan distribusi data yang ada (berbagai rumus yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2)

Tabel 3. 2 Rumus Penentuan Kala Ulang T

Rumus	T	Distribusi	T untuk N = 50, m =1
- California (1929)	$\frac{N}{m}$	Normal	50
- Hazen (1930)	$\frac{2N}{2m - 1}$		100
- Weibull (1939)	$\frac{N + 1}{m}$	Normal & Pearson III	51
- Blom (1958)	$\frac{N + 0.25}{m - 0.375}$	Normal	80.4

- Beard (1962)	$\frac{N + 0.4}{m - 0.3}$	Pearson II	72
Gringorten (1963)	$\frac{N + 0.12}{m - 0.44}$	Exponential, Extreme value I	89,5

Apabila data diperkirakan mengikuti normal distribusi maka, besar kejadian banjir dan probabilitas normal akan menghasilkan suatu garis lurus. Metode ini dapat dilakukan dengan cara grafis dan analisis.

3.3.1 Cara Grafis

Cara ini menggambarkan data debit tahunan yang sudah tersusun dari besar ke kecil dengan kala ulangnya pada kertas gumbel atau kertas probabilitas normal, apabila hasilnya berupa garis lurus maka ekstrapolasi dapat dilakukan, sedangkan kala ulang atau probabilitasnya antara lain dapat dihitung dengan mempergunakan rumus Weibull :

$$T = \frac{N + 1}{m}$$

Keterangan:

N = Jumlah data

M = Nomor urut

T = Kala ulang

3.3.2 Cara Analisis

Apabila hasil dari cara grafis tidak mengikuti garis lurus maka perhitungan perlu dilakukan dengan cara analisis matematik yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut:

a. Persamaan Gumbel untuk kala ulang Tr

$$\bar{X}_{tR} = \bar{x} + s_x (0,78 Y - 0,45)$$

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

$$Y = -\ln \left(-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right)$$

Keterangan:

$\bar{X}$ = x rata-rata tahunan

S_x = Simpanan baku

Y = Perubahan reduksi

N = Jumlah data

Bentuk lain dari persamaan Gumbel:

$$X_t = \bar{X} + K.S_x$$

Keterangan:

X_t = x yang terjadi dalam kala ulang t

$\bar{X}$ = rata-rata dari seri data X_i

X_i = seri data maksimum tiap tahun

S_x = simpanan baku

K = konstanta yang dapat dibaca dari tabel 3

n = jumlah data

Atau

$$X_t = \bar{X} + \frac{yt - yn}{Sn} S_x$$

Keterangan :

X_t = x yang terjadi dengan kala ulang

T X = rata-rata x maksimum dari seri data X_i

S_x = simpangan baku

Y_n dan S_n = besaran yang merupakan fungsi dari jumlah pengamatan (n)

Y_t = reduksi sebagai fungsi dari probabilitas, besaran $K.S_n \cdot Y_n$ 'yt

(lihat Tabel 3.4 sampai dengan Tabel 3.8)

Tabel 3. 3 Harga Y sebagai Fungsi T

T	Y	T	Y
1,01	-1,53	20	2,97
1,58	0,0	50	3,90
2,00	0,37	100	4,60
5,00	1,50	200	5,30
10,00	2,25		

Tabel 3. 4 Faktor Frekuensi untuk Nilai Ekstrim (K)

n	KATA ULANG						
	10	20	25	50	75	100	1000
15	1,703	2,410	2,632	3,321	3,721	4,005	6,265
20	1,625	2,302	2,517	3,179	3,563	3,836	6,006
25	1,575	2,235	2,444	3,088	3,463	3,729	5,842
30	1,541	2,188	2,393	3,026	3,393	3,653	5,727
40	1,495	2,126	2,326	2,943	3,301	3,554	5,476
50	1,466	2,086	2,283	2,889	3,241	3,491	5,478
60	1,446	2,059	2,253	2,852	3,200	3,446	
70	1,430	2,038	2,230	2,824	3,169	3,413	5,359
75	1,423	2,029	2,220	2,812	3,155	3,400	
100	1,401	1,998	2,187	2,770	3,109	3,349	5,261

Tabel 3. 5 Simpangan Baku Tereduksi, Sn

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.02	1.03	1.04	12.04	1.05
20	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10
30	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12	1.13	1.13	1.13	1.13
40	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
50	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17
60	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
70	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
80	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
90	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
100	1.20									

Tabel 3. 6 Rata-Rata Tereduksi, Yn

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
0.495	0.499	0.503	0.507	0.510	0.512	0.515	0.518	0.520	0.522	10
0.523	0.525	0.526	0.528	0.529	0.530	0.532	0.533	0.534	0.535	20
0.536	0.537	0.538	0.538	0.539	0.540	0.541	0.541	0.542	0.543	30
0.543	0.544	0.544	0.545	0.545	0.546	0.546	0.547	0.547	0.548	40
0.548	0.549	0.549	0.549	0.550	0.550	0.550	0.551	0.551	0.551	50
0.552	0.552	0.552	0.553	0.553	0.553	0.553	0.554	0.554	0.554	60
0.554	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.556	0.556	0.556	0.556	70
0.556	0.557	0.557	0.557	0.557	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	80
0.558	0.558	0.558	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	90
0.560										100

Tabel 3. 7 Hubungan Antara Kala Ulang dengan Faktor Reduksi (Yt)

KATA ULANG (TAHUN)	FAKTOR REDUKSI (Yt)
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001

Distribusi Log Pearson Tipe III, sebagai berikut:

$$\log X_{tr} = \log X + K_{tr}(S_{\log x})$$

Keterangan

$$= \log x = \frac{\sum_{i=1}^N \log Xi}{N}$$

$$S_{\log x} = \frac{N \sum_{i=1}^N (\log X_i - \log X)^3}{N^{-1}}$$

$$g_{\log x} = \frac{N \sum_{i=1}^N (\log X_i - \log X)^3}{(N-1)(N-2)(S_{\log x})^3}$$

Kr = Faktor penyimpangan K untuk suatu kala ulang tertentu, dengan memakai $g_{\log x}$ tertentu (Lihat Tabel 3.8).

Tabel 3. 8 Faktor Penyimpangan Kr yang digunakan untuk Distribusi Log Pearson Type III

q log x koef.penyimpangan	Kata Ulang (T_r)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Kemungkinan Terjadinya Banjir (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235

q log x koef.penyimpangan	Kata Ulang (T_r)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Kemungkinan Terjadinya Banjir (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	0.017	0.836	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2029.00 0	2.201	2.540
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.499	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.2	0.330	0.752	0.884	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

3.4 Analisa Regional

Data debit yang kurang dari 20 tahun tidak boleh langsung digunakan untuk analisis frekuensi. Lengkung frekuensi banjir dibentuk oleh hubungan besarnya berbagai banjir tahunan dengan kala ulangnya. Apabila lengkung frekuensi banjir tersebut dibagi dengan besarnya banjir rata-rata tahunan, maka dapat menghasilkan lengkung frekuensi banjir tanpa dimensi. Dengan menggabungkan seluruh data dan stasiun duga air dalam satu regional yang telah dibagi oleh indeks banjir rata-rata tahunan (Q) tadi, maka didapat lengkung frekuensi banjir regional baru. Untuk mendapatkan besaran probabilitas yang dilampaui puncak banjir yang terjadi setiap tahunnya, Q/Q dari N tahun data harus disusun dari harga terendah (Q_1) sampai tertinggi (Q_n) kemudian m ditentukan dari urutan Q_1 dan harga terbesar adalah Q_n . Posisi penggambaran p yang berdasarkan urutan m dirumuskan oleh Gringorten sebagai berikut:

$$P = \frac{m - 0,44}{N + 0,12}$$

Apabila kertas Gumbel tidak tersedia, sehingga harga Q/Q tidak langsung tergambarkan, maka harus dihitung dulu faktor reduksi Y dari harga p .

$$Y_m = \ln[-\ln(p)]$$

Sedangkan harga faktor reduksi Y , dihitung dari faktor kala ulang :

$$Y = -\ln - \ln\left(\frac{T-1}{T}\right)$$

Keterangan :

T = kala ulang (thn)

Dengan menggunakan proses persamaan di atas didapat persamaan untuk Pulau Sumatra dan Jawa didapat persamaan lengkung frekuensi banjir sebagai berikut :

$$\frac{Q_t}{Q} u + a \left(\frac{1 - e^{-ky}}{k} \right)$$

Keterangan:

U = 0.8.18

a = 0.219

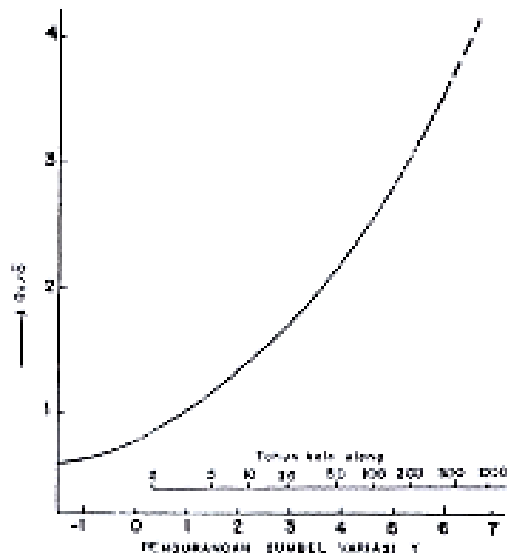
k = -0,2148

Y = faktor reduksi

Q = debit banjir untuk kala ulang T tahun

QT = debit banjir rata-rata tahunan

Untuk mempermudah pemakaian disajikan dalam bentuk grafik lengkung gabungan frekuensi banjir, yang dikumpulkan dari 92 pos duga air Jawa dan Sumatra yang jumlahnya 1001 tahun data. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6



Gambar 3. 6 Garfik Lengkung Gabungan Frekuensi Banjir

Di bawah ini merupakan tabel gabungan frekuesnsi banjir.

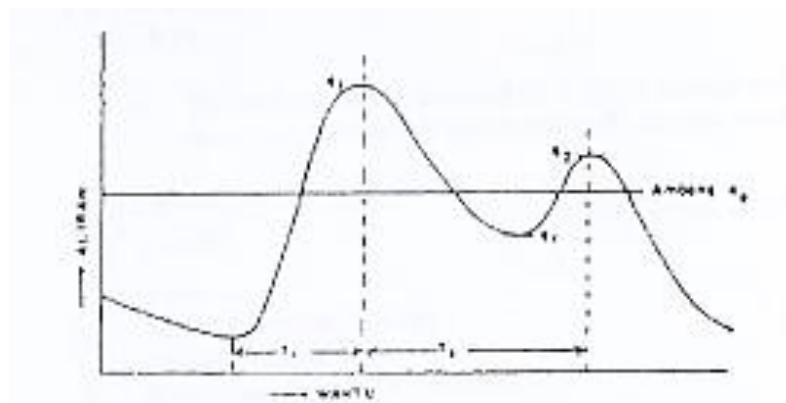
Tabel 3. 9 Gabungan Frekuensi Banjir

Kala ulang	Faktor reduksi	Luas DPS dalam Km2					
		180 atau kurang	300	600	900	1200	1500 atau lebih
T	y						
5	1,50	1,28	1,27	1,24	1,22	1,19	1,17
10	2,25	1,56	1,54	1,48	1,44	1,41	1,37
20	2,97	1,88	1,84	1,75	1,70	1,54	1,59

50	3,90	2,35	2,30	2,18	2,10	2,03	1,95
100	4,60	2,78	2,72	2,57	2,47	2,07	2,27
200	5,30	3,27	3,20	3,01	2,89	2,78	2,66
500	6,21	4,01	3,92	3,70	3,56	3,81	3,27
1000	6,91	4,68	4,58	4,32	4,16	4,01	3,85

3.5 Metode Puncak Banjir di atas Ambang

Metode ini digunakan untuk memperkirakan debit banjir rata-rata tahunan ($\bar{Q}$) pada suatu pos duga air dengan data pencatatan yang pendek 3 sampai 10 tahun. Dalam penentuan batas ambang (H_0) harus memperhatikan syarat puncak banjir dalam satu tahun 2-5 kali kejadian. Pengambilan puncak banjir yang berdekatan harus memperhatikan ikhwal : (1) $T_s > 3 T_r$ dan (2) $q_t < 2/3 q_l$ (lihat Gambar 3.7)



Gambar 3. 7 Penentuan Batas Ambang pada Hidrograf Aliran

Jika air banjir melampaui ambang H_0 atau Q_0 , puncak banjir dapat digunakan sebagai data untuk menghitung banjir rata-rata tahunan ($\bar{Q}$), dengan menggunakan rumus:

$$\bar{Q} = q_0 + \beta(0,5772 + \ln L) \quad m^3 / \text{det}$$

Keterangan :

$$\beta = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (q_i - Q_0)$$

$$L = M / N$$

Keterangan :

- M = kejadian banjir diatas ambang
 N = Jumlah tahunan pencatatan data
 q₀ = Debit batas ambang (m/det)

3.6 Metode Rasional

3.6.1 Metode Rasional Praktis

Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis berlaku untuk luas DPS hingga 5.000 hektar. Dua komponen utama digunakan ialah waktu konsentrasi (t_c) dan intensitas curah hujan (i_{tc}). Persamaan yang digunakan:

$$Q_p = 0,00278 C.I.A$$

Keterangan :

- Q_p = Debit puncak banjir (m³/det)
 C = Koefisien limpasan
 I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
 A = Luas daerah pengaliran (ha)

dengan penjelasan sebagai berikut:

- a. Salah satu cara menghitung t_c , kirpich (1940)

$$t_c = 0,01951 L^{0,77} S^{-0,385}$$

Keterangan :

- t_c = Waktu dalam menit
 L = Panjang lereng dalam m
 S = Kemiripan lereng m/m

- b. Koefisien limpasan (C), dapat diperkirakan dengan meninjau tata guna lahan (lihat Tabel 2-11)

Tabel 3. 10 Tata Guna Lahan

Karakteristik tanah	Tata guna lahan	Koefisien limpasan
Campuran pasir dan/atau campuran kerikil	Pertanian	0,20
	Padang rumput	0,15
	Hutan	0,10
Geluh dan Sejenisnya	Pertanian	0,40
	Padang rumput	0,35
	Hutan	0,30
Lempungan dan Sejenisnya.	Pertanian	0,50
	Padang rumput	0,45
	hutan	0,40

3.6.2 Metode Melchior, der Weduwen dan Haspers

Metode rasional pada umumnya berlaku untuk DPS yang luasnya sampai dengan 5.000 hektar, anggapan-anggapan yang digunakan dalam penerapan metode rasional pada DPS yang luasnya lebih dari 5.000 hektar, adalah intensitas hujan yang merata diseluruh DPS untuk curah hujan tertentu, waktu hujan sama dengan waktu konsentrasi dari DPS, puncak banjir dan intensitas hujan mempunyai kala ulang yang sama, digunakan rumus:

$$Q_{\max} = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$$

Keterangan :

$Q_{\max}$ = Debit maksimum (m³ /det)

α = Koefisien aliran

β = Koefisien reduksi

f = Luas daerah pengaliran (km²)

q = Hujan maksimum ($\text{m}^3 / \text{km}^2 / \text{det}$)

dengan penjelasan sebagai berikut:

a. Metode Melchior, dengan ketentuan sebagai berikut:

1) Koefisien aliran (β) berkisar antara 0,42 – 0,62 dan disarankan memakai = 0,52

2) Koefisien reduksi digunakan rumus:

$$f = \frac{1970}{\beta - 0,12} 3960 + 1720 \beta$$

3) Waktu konsentrasi ditentukan terlebih dahulu untuk mempercepat curah hujan maksimum dengan rumus:

$$tk = \frac{1.000 L}{3.600 V}$$

Keterangan :

tk = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai (km)

V = Kecepatan air rata-rata (m/det)

Keterangan:

$$V = 1,31^5 \beta \cdot q \cdot f \cdot i^{-2}$$

$$i = \frac{H}{0,9L}$$

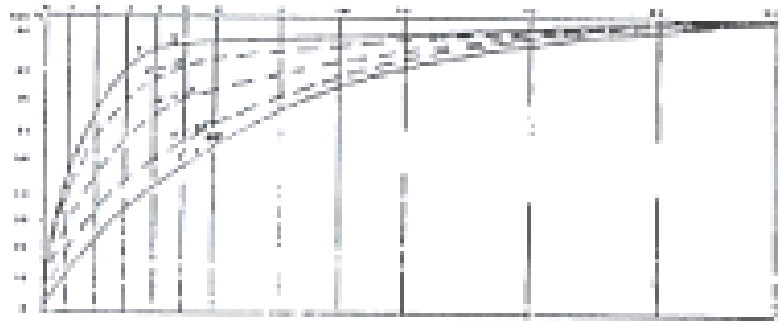
Keterangan:

H = Beda tinggi antara dasar sungai di mulut DPS dengan dasar sungai di titik 0,9L ke arah hilir

Maka

$$T = 0,186 L \cdot Q^{-0,2} \cdot i^{-0,4}$$

4) Hujan maksimum (q) dihitung dari grafik hubungan persentase curah hujan dengan t terhadap curah hujan harian dengan luas DPS dan waktu.



Gambar 3. 8 Distribusi Hujan dalam 24 Jam (menurut Melchior)

b. Metode der Weduwen, dengan ketentuan

1) Koefisien aliran (α) dihitung dengan rumus:

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \cdot q + 7}$$

2) Koefisien reduksi (β) dihitung dengan rumus:

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} f}{120 + f}$$

3) Waktu konsentrasi (t_k) dihitung dengan rumus:

$$t_k = 0,125 L \cdot Q^{-0,125} \cdot i^{-0,25}$$

4) Hujan maksimum (q) dihitung dengan rumus

$$q = \frac{67,65}{t + 1,45}$$

Keterangan:

$t = 1/6$ sampai dengan 12 jam

$f = < 100 \text{ km}^2$

c. Metode Haspers, dengan ketentuan:

1) Koefisien aliran (α) dihitung dengan rumus:

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 f^{0,7}}{1 + 0,075 f}$$

2) Koefisien reduksi (B) dihitung dengan rumus:

$$\frac{1}{B} = 1 + \frac{t + (3,7 \times 10^{0,4t})}{(t^2 + 15)} \times \frac{f^{3/4}}{12}$$

3) Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus:

$$t_x = 0,1L^{0,9} i^{-0,3}$$

4) Hujan maksimum menurut Haspers dihitung dengan rumus:

$$q = \frac{Rt}{3,6t}$$

$$Rt = R + s_x u$$

Keterangan:

t = Waktu curah hujan (jam)

q = Hujan maksimum (m³/km²/detik)

R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

Sx = Simpangan baku

U = Variabel simpangan untuk kata ulang T tahun

Rt = Curah hujan dengan kata ulang T tahun (mm).

Berdasarkan Haspers ditentukan:

Untuk t < 2 jam,

$$Rt = \frac{t \cdot R_{24}}{t + 1 - 0,0008(260 - R_{24}) \cdot (2 - t)^2}$$

Keterangan:

t = Waktu curah hujan (jam)

R₂₄ = Curah hujan dalam 24 jam (mm)

Rt = Curah hujan dengan waktu t jam (mm)

Untuk 2 jam < t < 19 jam,

$$Rt = \frac{t \cdot R_{24}}{t + 1}$$

Untuk 19 jam < t < 30 hari

$$R_t = 0,707 \cdot R_{24} t + 1$$

Keterangan:

t = Waktu curah hujan (hari)

R_{24} = Curah hujan dalam 24 jam (mm)

R_t = Curah hujan dengan waktu t jam (mm)

3.7 Metode Empiris

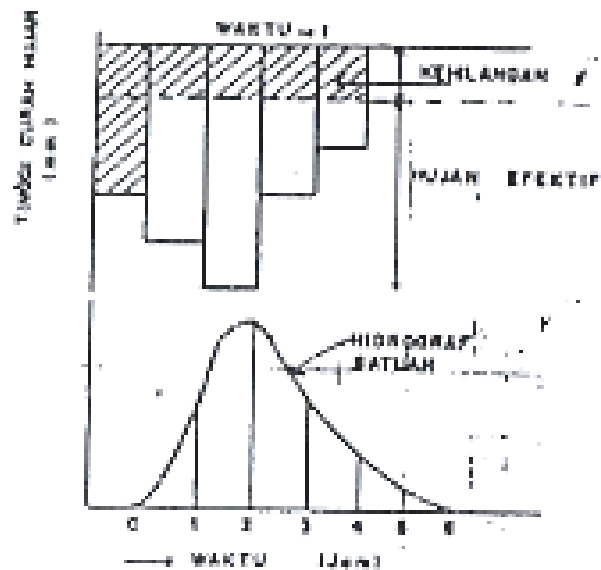
Debit banjir dapat di hitung dengan metode empiris apabila data debit tidak tersedia. Parameter yang didapat bukan secara analitis, tetapi berdasarkan korelasi antara hujan dan karakteristik 1DPS terhadap banjir, dalam hal ini metode empiris yang dipakai antara lain sebagai berikut:

3.7.1 Metode Hidrograf Satuan

Yang perlu diperhatikan dalam metode hidrograf satuan adalah hujan efektif, aliran dasar dan hidrograf limpasan. Dalam menentukan besarnya banjir dengan hidrograf satuan diperlukan data hujan jam-jaman.

a. Hujan efektif dapat dihitung dengan menggunakan metode ϕ indeks dan metode Horton:

- 1) Metode ϕ indeks, mengasumsikan bahwa besarnya kehilangan hujan dari jam ke jam adalah sama, sehingga kelebihan dari curah hujan akan sama dengan volume dari hidrograf aliran seperti (Lihat Gambar 3.9)



Gambar 3. 9 Metode Indeks

- 2) Sedangkan metode Horton mengasumsikan bahwa kehilangan debit aliran akan berupa lengkung eksponensial, sehingga makin besar jumlah hujan yang meresap akan mengakibatkan tanah menjadi cepat jenuh akibatnya besar resapan akan berkurang dan akan mengikuti rumus Horton sebagai berikut:

$$f_p = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

Keterangan:

F_p = kapasitas infiltrasi pada waktu t (mm)

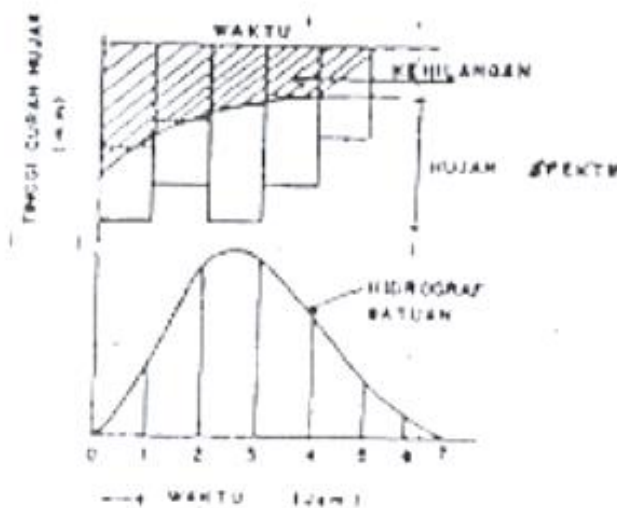
F_c = harga akhir dari infiltrasi

F_0 = kapasitas infiltrasi permulaan yang tergantung dari hujan sebelumnya, dapat diperkirakan 50-80% dari curah hujan total

K = konstanta yang tergantung dari tekstur tanah

T = waktu sejak hujan dimulai

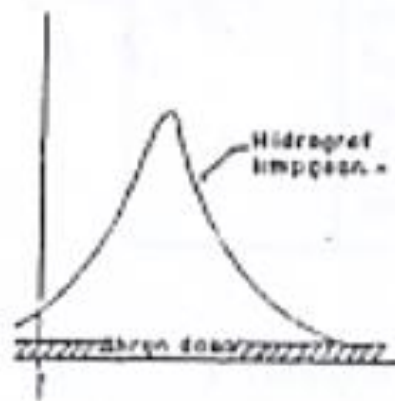
Contoh metode Horton (lihat Gambar 3-10)



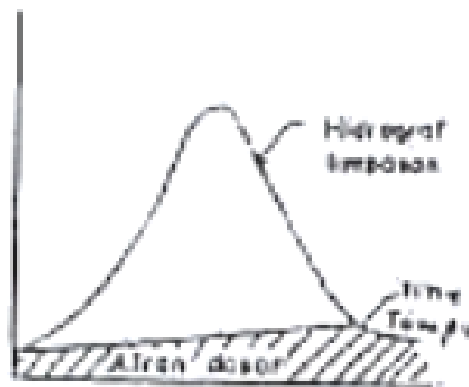
Gambar 3. 10 Metode Horton

- b. Hidrograf limpasan, terdiri dari dua komponen pokok yaitu debit aliran permukaan dan aliran dasar. Cara praktis, untuk mendapatkan besarnya aliran permukaan adalah sebagai berikut:

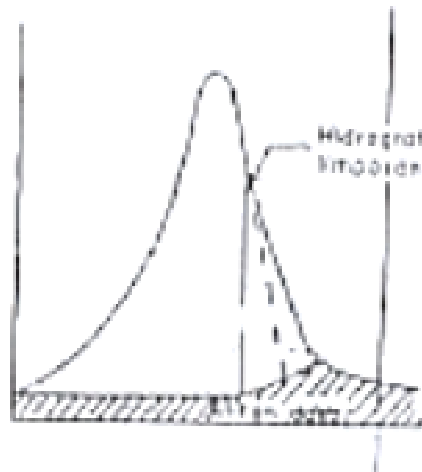
- 1) Debit aliran dasar merata dari permulaan hujan sampai akhir dari hidrograf aliran (lihat Gambar 3.11).
- 2) Debit aliran dasar ditarik dari titik permulaan hujan sampai titik belok di akhir hidrograf aliran (lihat Gambar 3.12).
- 3) Debit aliran dasar terbagi menjadi dua bagian pertama mengikuti pendekatan cara ke-1 sampai titik belok bagian atas (awal dari aliran antara), bagian ke-2 mengikuti pendekatan cara ke-2 (lihat Gambar 3.13).



Gambar 3. 11 Debit Aliran Dasar Merata dari Permulaan Hujan Sampai Akhir dari Hidrograf Aliran



Gambar 3. 12 Debit Aliran Dasar Ditarik Dari Titik Permulaan Hujan Sampai Titik Belok Di Akhir Hidrograf Aliran



Gambar 3. 13 Debit Aliran Dasar Terbagi Menjadi Dua Bagian

- c. Besarnya hidrograf banjir dihitung dengan mengalikan besarnya hujan efektif dengan kata ulang tertentu dengan hidrograf satuan yang didapat selanjutnya ditambah aliran dasar.

3.7.2 Metode *Soil Conservation Service (SCS)*-USA

Cara ini dikembangkan dari berbagai data pertanian dan hujan, dengan rumus:

$$Q = \frac{(I - 0,2S)^2}{I + 0,8S}$$

Keterangan:

Q = debit aliran permukaan (mm)

I = besarnya hujan (mm)

S = jumlah maksimum perbedaan antara hujan dan debit aliran (mm)

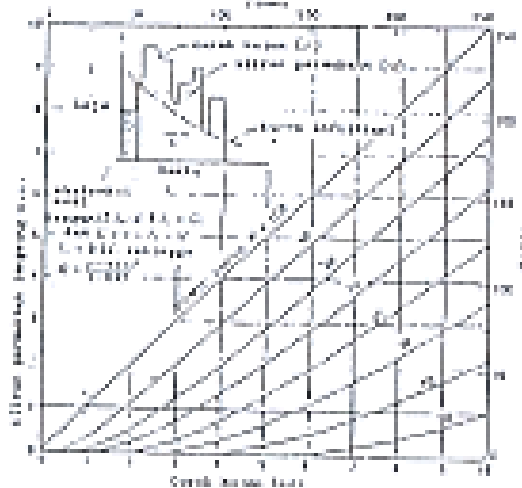
Besarnya s dievaluasi berdasarkan kelembaban tanah sebelumnya, jenis tata guna lahan, dan didefinisikan sebagai rumus:

$$Q = \frac{25400}{CN} - 254$$

Keterangan:

CN = Harga nomor lengkung bervariasi dari 0 sampai 100

Untuk CN=100, maka S=0 dan I=Q



Gambar 3. 14 Grafik Hubungan antara Curah Hujan dan Limpasan

Dari gambar 3.14, q dapat dicari dengan mudah apabila curah hujan I diketahui dan nomor lengkung (CN) (lihat Tabel 3.12, 3.13, 3.14, dan 3.15)

Tabel 3. 11 Nomor Lengkung untuk Kelompok Tanah dengan Kondisi Hujan sebelumnya Type III Dan $I_a = 0,2S$

Lahan Penutup	Perlakuan Terhadap Tanaman	Kondisi Hidrologi	Kelompok Jenis Tanah			
			A	B	C	D
Belum ditanami	berjajar lurus		77	86	91	94
Tanaman berjajar	berjajar lurus	jelek	72	81	88	91
	berjajar lurus	bagus	67	78	85	89
	dengan kontur	jelek	70	79	84	88
	dengan kontur	bagus	65	75	82	86
	dengan teras	jelek	66	74	80	82
	dengan teras	bagus	62	71	78	81
Tanaman berbutir (jagung, gandum dll)	berjajar lurus	jelek	65	76	84	88
	berjajar lurus	bagus	63	75	83	87
	dengan kontur	jelek	63	75	83	87
	dengan kontur	bagus	63	74	81	85
	dengan teras	jelek	61	72	79	82

Lahan Penutup	Perlakuan Terhadap Tanaman	Kondisi Hidrologi	Kelompok Jenis Tanah			
			A	B	C	D
	dengan teras	bagus	59	70	78	81
Tanaman legumne (petai cina, turi)	berjajar lurus	jelek	66	77	85	89
	berjajar lurus	bagus	58	72	81	85
	dengan kontur	jelek	64	75	83	85
	dengan kontur	bagus	55	69	78	83
	dengan teras	jelek	63	73	80	83
	dengan teras	bagus	51	67	76	80
Padang rumput untuk gembala		jelek	68	79	86	89
		sedang	49	69	79	84
	bagus		39 61	74	80	
	dengan kontur	jelek	47	67	81	88
	dengan kontur	sedang	25	59	75	83
	dengan kontur	baik	6	35	70	79
Tanaman rumput		bagus	30	58	71	78
Pepohonan		jelek	45	66	77	83
	sedang		36 60	73	79	
	baik		25 55	70	79	
Pertanian lahan kering			59	74	82	86
Jalan raya			74	84	90	92

Tabel 3. 12 Tingkat Infiltrasi

Kelompok Jenis Tanah	Uraian	Tingkat Infiltrasi (Mm/Jam)
A	Potensi aliran permukaan rendah, termasuk tanah jenis pasir, dengan sedikit debu dan tanah liat	8 - 12
B	Potensi aliran permukaan sedang, umumnya tanah berpasir, tetapi kurang dari jenis A	4 - 8
C	Antara tinggi dan sedang potensi dari aliran permukaan. Merupakan lapisan tanah atas tidak begitu dalam dan tanahnya terdiri dari tanah liat	1 - 4
D	Mempunyai potensi yang tinggi untuk mengalirkan aliran permukaan	0 -1

Tabel 3. 13 Faktor Perubahan Kelompok Tanah

Faktor perubahan koefisien C tanah kelompok B menjadi:

LAHAN PENUTUP	KONDISI HIDROLOGI	GROUP		
		A	C	D
* Tanaman berjajar	jelek	0.89	1.09	1.12
Tanaman berjajar	bagus	0.86	1.09	1.14
* Tanaman berbutir	jelek	0.86	1.11	1.16
Tanaman berbutir	bagus	0.84	1.11	1.16
* Tanaman rumput	putaran bagus	0.81	1.13	1.18
* Padang rumput	bagus	0.64	1.21	1.31
* Pohon keras	bagus	0.45	1.27	1.40

Tabel 3. 14 Kondisi Hujan Sebelumnya dan Nomor Lengkung untuk $I_a = 0,2S$

Nomor Lengkung (Cn) Untuk Kondisi	Faktor Perubahan Cn Untuk Kondisi II Menjadi	
	KONDISI	
	I	KONDISI II
10	0.4	2.2
20	0.5	1.9
30	0.5	1.7
40	0.6	1.5
50	0.6	1.4
60	0.7	1.3
70	0.7	1.2
80	0.8	1.1
90	0.9	1.1
100	1.0	1.0

KONDISI	5 HARI SETELAH HUJAN MENDAHULUI (mm)		
	URAIAN UMUM	MUSIM KERING	MUSIM TANAM
I	Hujan Rendah	< 13	< 36
II	Rata-rata dari kedalaman	13 – 28	36 – 53
III	banjir tahunan Hujan tinggi	> 28	> 35

3.8 Metode Statistik

3.8.1 Metode *Institute of Hydrology Wallingford (IOH)*

Metode ini merupakan salah satu persamaan statistik yang telah dikembangkan oleh IOH dan Pusat Litbang Air berdasarkan data hujan dan karakteristik fisik DPS yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Luas DPS (A) merupakan karakteristik yang penting dalam menentukan besar puncak banjir dan diukur dalam kilometer persegi, pengukuran luas DPS berdasarkan peta topografi yang umumnya berskala 1:100.000.
 - 1) Indeks kemiringan sungai (m/km) merupakan perbedaan tinggi titik yang ditinjau dengan titik yang tertinggi di hulu sungai dari DPS dan dibagi oleh panjang sungai utama, dinyatakan dalam meter per kilometer.
 - 2) Indeks danau (Lu) yaitu tampungan dari suatu danau atau reservoir dapat secara nyata mengurangi tinggi puncak banjir, besarnya pengurangan banjir tergantung dari letak danau terhadap DPS, indeks danau dihitung dengan rumus:

$$\text{indeksdanau} = \frac{\text{luasdaerahdihuludanau}(km^2)}{\text{luasDPS}(km^2)}$$

Harga indeks danau yang digunakan dalam persamaan regresi tidak boleh melebihi 0,25, apabila luas permukaan danau lebih kecil daripada 1%, maka indeks danau dapat diabaikan.

- b. Rata-rata curah hujan tersebar selama 24 jam dalam setahun (P), yaitu harga rata-rata curah hujan terbesar selama 24 jam dalam setahun didapat dari peta isohietnya (lihat lampiran untuk Pulau Jawa dan Sumatera) dan dikalikan

dengan faktor pengurang (ARF), selanjutnya faktor pengali (ARF) didapat dari luas DPS, yaitu :

Tabel 3. 15 Luas DAS dengan ARF

Luas DPS	ARF
1 – 10	0,99
10 – 30	0,97
30 – 30.000	1,152 – 0,1233 LOG A

Dari empat karakteristik DPS dengan cara registrasi didapat rumus:

$$Q = 8.0 \times 10^{-6} \times A^v \times P^{2.445} \times S^{0.117} \times (1+L)^{-0.85} [m^3 / \text{det}]$$

Pangkat dari luas A, ialah V merupakan fungsi luas DPS dan dihitung dengan rumus:

$$V = 1,02 - 0,0275 \log A$$

Tabel 4. 1 - Harga V Untuk Berbagai Luas Dps

LUAS (km2)	V
1	1,020
5	1,000
10	0,993
50	0,973
100	0,965
500	0,946
1000	0,938
5000	0,918
10000	0,10

3.8.2 Cara GAMA I

Satuan hidrograf sintetis Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (TR), debit puncak (QP), waktu dasar (TB) dengan uraian sebagai berikut:

- 1) Waktu naik (TR) dinyatakan dengan rumus:

$$TR = 0.43 \left(\frac{L}{100 SF} \right)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775$$

Keterangan :

TR = Waktu naik (Jam)

L = Panjang sungai (km)

SF = Faktor Sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang sungai semua tingkat

SIM = Faktor simetri ditetapkan sebagai hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebela hulu (RUA)

WF = Faktor lebar adalah perbandingan antara lebar DPS yang diukur dari titik di sungai yang berjarak $\frac{3}{4}$ L dan lebar DPS yang diukur dari titik yang berjarak $\frac{1}{4}$ L dari tempat pengukuran (lihat Gambar 3.15)

2) Debit Puncak (QP) dinyatakan dengan rumus:

$$QP = 0,1836 A^{0,5886} JN^{0,2381} TR^{-0,4008}$$

Keterangan :

QP = Debi puncak (m3/det)

JN = Jumlah pertemuan sungai (lihat Gamabr 2-15)

TR = Waktu naik (am)

Waktu dasar (TB) dinyatakan dengan rumus:

$$TB = 27,4132 TR^{0,1457} S^{-0,0956} SN^{0,7344} RUA^{0,2574}$$

Keterangan :

TB = Waktu dasar (jam)

TR = Waktu naik (jam)

3.9 Curah Hujan Rencana

Analisa harga curah hujan rencana dilakukan terhadap data kondisi curah hujan di lapangan yang diperlukan adalah curah hujan harian maksimum tahunan, curah hujan 2 (dua) harian maksimum tahunan, dan curah hujan 3 (tiga) harian maksimal. Dari data curah hujan terkumpul selanjutnya dilakukan predik untuk hujan rencana kala ulang 5 tahun. Dari data tinggi hujan tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan modulus drainase/debit beban saluran.

Untuk mempredik hujan rencana dilakukan dengan beberapa metode yaitu distribusi normal, gumbel, pearson type III dan log pearson type III.

3.9.1 Distribusi Normal

Tahap perhitungan untuk mendapatkan curah hujan rencana dengan menggunakan distribusi normal adalah sebagai berikut:

Misal untuk curah hujan 3 harian maksimum dengan periode ulang 5 tahun.

- a. $R_{\max-1}, R_{\max-2}, R_{\max-3}, \dots, R_{\max-i}$

162.3, 104.5, 64, 189.

- b. Hitung nilai *mean* $\mu = \frac{\sum(R_{\max})}{N}$

$$\mu = \frac{2338.5}{18} = 129.917$$

- c. Hitung standar deviasi $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(R_{\max} - \mu)^2}{N}}$

$$\sigma = 41.541$$

- d. Menentukan nilai K_{Tr}

Nilai K_{Tr} diperoleh dari hubungan periode ulang dengan K_{Tr} seperti Tabel 2-18.

Dengan periode ulang 5 tahun maka $K_T = 0.84$.

Tabel 3. 16 Harga K_T Distribusi Normal

No.	Tr (thn)	K_{Tr}	Peluang
1	1.001	-3.05	0.999
2	1.005	-2.58	0.995
3	1.010	-2.33	0.990
4	1.050	-1.64	0.950
5	1.110	-1.28	0.900
6	1.250	-0.84	0.800
7	1.330	-0.67	0.750
8	1.430	-0.52	0.700
9	1.670	-0.25	0.600

No.	Tr (thn)	K _{Tr}	Peluang
10	2.000	0.00	0.500
11	2.500	0.25	0.400
12	3.330	0.52	0.300
13	4.000	0.67	0.250
14	5.000	0.84	0.200
15	10.000	1.28	0.100
16	25.000	1.64	0.040
17	50.000	2.05	0.020
18	100.000	2.33	0.010
19	200.000	2.58	0.005
20	500.000	2.88	0.002
21	1000.000	3.09	0.001

e. Curah hujan rencana $R_{Tr} = \mu + (\sigma \times K_{Tr})$

$$R_5 = 129.917 + (41.541 \times 0.84) = 164.81$$

Dengan menggunakan langkah perhitungan seperti diatas, selanjutnya didapatkan hasil perhitungan seperti Tabel 3.18, Tabel 3.19, dan Tabel 3.20.

Tabel 3. 17 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Normal

No.	Tahun	No. Urut	Rmax (mm/hr)	Rmax-urut (mm/hr)
1	1986	4	115.1	166.0
2	1987	10	77.6	137.0
3	1988	18	52.4	123.0
4	1989	1	166.0	115.1
5	1990	13	71.5	102.0
6	1991	11	75.0	97.0
7	1992	8	85.0	92.0
8	1993	12	73.0	85.0
9	1994	16	60.5	78.0
10	1995	5	102.0	77.6
11	1996	14	70.0	75.0
12	1997	9	78.0	73.0
13	1998	17	57.5	71.5
14	1999	15	68.8	70.0
15	2000	7	92.0	68.8
16	2001	3	123.0	60.5
17	2002	6	97.0	57.5
18	2003	2	137.0	52.4

Jumlah Data	N	18
Nilai Rata-rata	μ	88.967
Standar Deviasi	σ	29.108

Tr (thn)	KTr	RTr (mm/hr)
2	0.00	88.97
5	0.84	113.42
10	1.28	126.22
25	1.64	136.70
50	2.05	148.64
100	2.33	156.79

Tabel 3. 18 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Normal

No.	Tahun	No. Urut	Rmax (mm/hr)	Rmax-urut (mm/hr)
1	1986	3	153.3	178.0
2	1987	11	91.1	174.4
3	1988	18	62.9	153.3
4	1989	2	174.4	148.0
5	1990	15	74.5	143.8
6	1991	5	143.8	140.0
7	1992	6	140.0	133.0
8	1993	10	117.0	126.0
9	1994	16	73.7	124.0
10	1995	9	124.0	117.0
11	1996	17	70.0	91.1
12	1997	14	78.0	84.0
13	1998	13	78.0	78.0
14	1999	12	84.0	78.0
15	2000	7	133.0	74.5
16	2001	4	148.0	73.7
17	2002	8	126.0	70.0
18	2003	1	178.0	62.9

Jumlah Data	N	18
Nilai Rata-rata	μ	113.872
Standar Deviasi	σ	36.795

Tr (thn)	KTr	RTr (mm/hr)
2	0.00	113.87
5	0.84	144.78
10	1.28	160.97
25	1.64	174.22
50	2.05	189.30
100	2.33	199.61

Tabel 3. 19 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Normal

No.	Tahun	No. Urut	Rmax (mm/hr)	Rmax-urut (mm/hr)
1	1986	5	162.3	189.0
2	1987	12	104.5	186.9
3	1988	18	64.0	182.0
4	1989	2	186.9	170.0
5	1990	10	122.3	162.3
6	1991	9	147.7	160.0
7	1992	4	170.0	159.0
8	1993	11	118.7	154.0
9	1994	13	96.0	147.7
10	1995	7	159.0	122.3
11	1996	17	71.0	118.7
12	1997	16	78.6	104.5
13	1998	15	80.5	96.0
14	1999	14	92.0	92.0
15	2000	6	160.0	80.5
16	2001	3	182.0	78.6
17	2002	8	154.0	71.0
18	2003	1	189.0	64.0

Jumlah Data	N	18
Nilai Rata-rata	μ	129.917
Standar Deviasi	σ	41.541

Tr (thn)	KTr	RTr (mm/hr)
2	0.00	129.92
5	0.84	164.81
10	1.28	183.09
25	1.64	198.04
50	2.05	215.08
100	2.33	226.71

3.9.2 Distribusi Gumbel

Tahap perhitungan untuk mendapatkan curah hujan rencana dengan menggunakan distribusi gumbel adalah sebagai berikut:

Misal untuk curah hujan 3 harian maksimum dengan periode ulang 5 tahun.

- a. Curah hujan harian maksimum tahunan rata-rata $\mu = \frac{\sum R_{\max}}{N}$

$$\mu = \frac{2338.5}{18} = 129.917$$

- b. Reduksi mean sebagai fungsi probabilitas $Y_{Tr} = -Ln \left[Ln \left(\frac{Tr}{Tr-1} \right) \right]$

$$Y_{Tr} = -Ln \left[Ln \left(\frac{5}{5-1} \right) \right] = 1.50$$

- c. Reduce mean (Yn) dan reduced standar deviasi (Sn)

Besarnya Yn dan Sn dapat dicari dengan menggunakan tabel, dengan jumlah data 18 maka Yn = 0.5202 dan Sn = 1.0493.

Tabel 3. 20 Harga Yn dan Sn Distribusi Gumbel

Sampel	Yn	Sn	Sampel	Yn	Sn
10	0.4952	0.9496	56	0.5508	1.1696
11	0.4996	0.9676	57	0.5511	1.1708
12	0.5035	0.9833	58	0.5515	1.1721
13	0.5070	0.9971	59	0.5519	1.1734
14	0.5100	1.0095	60	0.5521	1.1747
15	0.5128	1.0206	61	0.5524	1.1759
16	0.5157	1.0316	62	0.5527	1.1770
17	0.5181	1.0411	63	0.5530	1.1782
18	0.5202	1.0493	64	0.5533	1.1793
19	0.5220	1.0565	65	0.5535	1.1803
20	0.5236	1.0628	66	0.5538	1.1814
21	0.5252	1.0696	67	0.5540	1.1824

Sampel	Yn	Sn	Sampel	Yn	Sn
22	0.5268	1.0754	68	0.5543	1.1834
23	0.5283	1.0811	69	0.5545	1.1844
24	0.5296	1.0864	70	0.5548	1.1854
25	0.5309	1.0915	71	0.5550	1.1854
26	0.5320	1.0861	72	0.5552	1.1873
27	0.5332	1.1004	73	0.5555	1.1881
28	0.5343	1.1047	74	0.5557	1.1890
29	0.5353	1.1086	75	0.5559	1.1898
30	0.5362	1.1124	76	0.5561	1.1906
31	0.5371	1.1159	77	0.5563	1.1915
32	0.5380	1.1193	78	0.5565	1.1923
33	0.5388	1.1226	79	0.5567	1.1930
34	0.5396	1.1255	80	0.5569	1.1938
35	0.5402	1.1287	81	0.5570	1.1945
36	0.5410	1.1313	82	0.5572	1.1953
37	0.5418	1.1339	83	0.5574	1.1959
38	0.5424	1.1363	84	0.5576	1.1967
39	0.5430	1.1388	85	0.5578	1.1973
40	0.5436	1.1413	86	0.5580	1.1987
41	0.5442	1.1436	87	0.5581	1.1987
42	0.5448	1.1458	88	0.5583	1.1994

Sampel	Yn	Sn	Sampel	Yn	Sn
43	0.5453	1.1480	89	0.5583	1.2001
44	0.5458	1.1499	90	0.5586	1.2007
45	0.5463	1.1519	91	0.5587	1.2013
46	0.5468	1.1538	92	0.5589	1.2020
47	0.5473	1.1557	93	0.5591	1.2026
48	0.5477	1.1574	94	0.5592	1.2032
49	0.5481	1.1590	95	0.5593	1.2038
50	0.5485	1.1607	96	0.5595	1.2044
51	0.5489	1.1623	97	0.5596	1.2049
52	0.5493	1.1638	98	0.5598	1.2055
53	0.5497	1.1658	99	0.5599	1.2060
54	0.5501	1.1667	100	0.5600	1.2065
55	0.5504	1.1681			

a. Standar deviasi $S = \sqrt{\frac{\sum (R_{\max} - \mu)^2}{N - 1}}$

$$S = \sqrt{\frac{87832188.630}{18 - 1}} = 42.746$$

b. Curah hujan rencana $R_{Tr} = \mu + \left((Y_{Tr} - Y_n) \times \frac{S}{S_n} \right)$

$$R_5 = 129.917 + \left((1.50 - 0.520) \times \frac{42.746}{1.049} \right) = 169.83$$

Dengan menggunakan langkah perhitungan yang sudah dijelaskan diatas, selanjutnya didapatkan hasil perhitungan seperti Tabel 3.22, Tabel 3.23, dan Tabel 3.24.

Tabel 3. 21 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Gumbel

No.	Tahun	$R_{\max}$ (mm/hr)	$(R_{\max} - \mu)^2$	$R_{\max-urut}$ (mm/hr)
1	1986	115.1	682.951	166.0
2	1987	77.6	129.201	137.0
3	1988	52.4	1337.121	123.0
4	1989	166.0	5934.134	115.1
5	1990	71.5	305.084	102.0
6	1991	75.0	195.068	97.0
7	1992	85.0	15.734	92.0
8	1993	73.0	254.934	85.0
9	1994	60.5	810.351	78.0
10	1995	102.0	169.868	77.6
11	1996	70.0	359.734	75.0
12	1997	78.0	120.268	73.0
13	1998	57.5	990.151	71.5
14	1999	68.8	406.694	70.0
15	2000	92.0	9.201	68.8
16	2001	123.0	1158.268	60.5
17	2002	97.0	64.534	57.5
18	2003	137.0	2307.201	52.4

Jumlah Data	N	18
Jumlah Nilai Data	$\sum R_{\max}$	1601.400
Nilai Rata-rata	μ	88.967
Jumlah Selisih Dengan Mean Pangkat Dua	$\sum (R_{\max} - \mu)^2$	15250.500
Standar Deviasi	S	29.951
Koefisien Y_n (Reduced Mean)	Y_n	0.520
Koefisien S_n (Seduced Standar Deviasi)	S_n	1.049

T_r (thn)	Y_{Tr}	R_{Tr} (mm)
2	0.37	84.58
5	1.50	116.93
10	2.25	138.35
25	3.20	165.42
50	3.90	185.50
100	4.60	205.43

Tabel 3. 22 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Gumbel

No.	Tahun	$R_{\max}$ (mm/hr)	$(R_{\max} - \mu)^2$	$R_{\max-\text{urut}}$ (mm/hr)
1	1986	153.3	3596332.960	178.0
2	1987	91.1	3836113.960	174.4
3	1988	62.9	3947374.240	153.3
4	1989	174.4	3516750.090	148.0
5	1990	74.5	3901415.040	143.8
6	1991	143.8	3632454.810	140.0
7	1992	140.0	3646954.090	133.0
8	1993	117.0	3735329.290	126.0
9	1994	73.7	3904576.000	124.0
10	1995	124.0	3708320.490	117.0
11	1996	70.0	3919212.090	91.1
12	1997	78.0	3887600.890	84.0
13	1998	78.0	3887600.890	78.0
14	1999	84.0	3863976.490	78.0
15	2000	133.0	3673738.890	74.5
16	2001	148.0	3616462.890	73.7
17	2002	126.0	3700621.690	70.0
18	2003	178.0	3503260.890	62.9

Jumlah Data	N	18
Jumlah Nilai Data	$\sum R_{\max}$	2049.700
Nilai Rata-rata	μ	113.872
Jumlah Selisih Dengan Mean Pangkat Dua	$\sum (R_{\max} - \mu)^2$	67478095.690
Standar Deviasi	S	37.862
Koefisien Y_n (Reduced Mean)	Y_n	0.520
Koefisien S_n (Seduced Standar Deviasi)	S_n	1.049

T_r (thn)	Y_{T_r}	R_{T_r} (mm)
2	0.37	108.33
5	1.50	149.22
10	2.25	176.30
25	3.20	210.52
50	3.90	235.90
100	4.60	261.09

Tabel 3. 23 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Gumbel

No.	Tahun	$R_{\max}$ (mm/hr)	$(R_{\max} - \mu)^2$	$R_{\max-urut}$ (mm/hr)
1	1986	162.3	4735846.440	189.0
2	1987	104.5	4990756.000	186.9
3	1988	64.0	5173350.250	182.0
4	1989	186.9	4629382.560	170.0
5	1990	122.3	4911542.440	162.3
6	1991	147.7	4799604.640	160.0
7	1992	170.0	4702392.250	159.0
8	1993	118.7	4927512.040	154.0
9	1994	96.0	5028806.250	147.7
10	1995	159.0	4750220.250	122.3
11	1996	71.0	5141556.250	118.7
12	1997	78.6	5107148.010	104.5
13	1998	80.5	5098564.000	96.0
14	1999	92.0	5046762.250	92.0
15	2000	160.0	4745862.250	80.5
16	2001	182.0	4650492.250	78.6
17	2002	154.0	4772040.250	71.0
18	2003	189.0	4620350.250	64.0

Jumlah Data	N	18
Jumlah Nilai Data	$\sum R_{\max}$	2338.500
Nilai Rata-rata	μ	129.917
Jumlah Selisih Dengan Mean Pangkat Dua	$\sum (R_{\max} - \mu)^2$	87832188.630
Standar Deviasi	S	42.746
Koefisien Y_n (Reduced Mean)	Y_n	0.520
Koefisien S_n (Seduced Standar Deviasi)	S_n	1.049

T_r (thn)	Y_{Tr}	R_{Tr} (mm)
2	0.37	123.66
5	1.50	169.83
10	2.25	200.40
25	3.20	239.03
50	3.90	267.68
100	4.60	296.12

3.9.3 Distribusi Log Pearson Type III

Tahap perhitungan untuk mendapatkan curah hujan rencana adalah sebagai berikut:

Misal untuk curah hujan 3 harian maksimum dengan periode ulang 5 tahun.

- a. Ubah data hujan $R_{\max-1}$, $R_{\max-2}$, $R_{\max-3}$,..... $R_{\max-i}$ menjadi $\text{Log}R_{\max-1}$, $\text{Log}R_{\max-12}$, $\text{Log}R_{\max-3}$,..... $\text{Log}R_{\max-i}$.

162.3, 104.5, 64, 189 menjadi 2.210, 2.019, 1.806, 2.276.

- b. Hitung nilai *mean* $\overline{\log R_{\max}} = \frac{\Sigma(\log R_{\max})}{N}$

$$\overline{\text{Log} R_{\max}} = \frac{37.597}{18} = 2.089$$

- c. Hitung standar deviasi $S_{\log} = \sqrt{\frac{\Sigma \left(\text{Log} R_{\max} - \overline{\text{Log} R_{\max}} \right)^2}{N - 1}}$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{0.414}{18 - 1}} = 0.156$$

- d. Hitung koefisien kemencengan $C_s = \frac{\Sigma \left(\text{Log} R_{\max} - \overline{\text{Log} R_{\max}} \right)^3}{(N - 1) \times (N - 2) \times (S_{\log})^3}$

$$C_s = \frac{-0.026}{(18 - 1) \times (18 - 2) \times (0.156)^3} = -0.451$$

- e. Menentukan nilai K_{Tr}

Nilai K_{Tr} diperoleh dari hubungan periode ulang dengan K_{Tr} dan C_s . Dengan periode ulang 5 tahun dan $C_s = -0.451$, maka didapatkan $K_{Tr} = 0.855$.

Tabel 3. 24 Harga KTr Distribusi Pearson Type III dan Log Pearson Type III

Skew Coef.	Return Periode (Year)						
	2	5	10	25	50	100	200
C Cs	Exceedence Probability						
	0.500	0.200	0.100	0.040	0.020	0.010	0.005
-3.0	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667	0.667
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.7	0.376	0.681	0.747	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.6	0.368	0.696	0.771	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.5	0.360	0.711	0.795	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.4	0.351	0.725	0.819	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.3	0.341	0.739	0.844	0.855	0.864	0.867	1.869
-2.2	0.330	0.752	0.869	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.1	0.319	0.765	0.895	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.0	0.307	0.777	0.920	0.959	0.980	0.990	0.995
-1.9	0.294	0.788	0.945	0.996	1.023	1.038	1.044
-1.8	0.282	0.799	0.970	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.7	0.268	0.808	0.884	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837

Skew Coef.	Return Period (Year)						
	2	5	10	25	50	100	200
C Cs	Exceedence Probability						
	0.500	0.200	0.100	0.040	0.020	0.010	0.005
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.770	1.955	2.108
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.3	0.500	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990

Skew Coef.	Return Periode (Year)						
	2	5	10	25	50	100	200
C Cs	Exceedence Probability						
	0.500	0.200	0.100	0.040	0.020	0.010	0.005
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.828	3.499	4.147
1.9	-0.282	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	3.997	3.753	4.515
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.6	-0.368	0.799	1.238	2.267	3.017	3.899	4.718
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.937	4.847
2.8	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970

- f. Hitung logaritma hujan rencana $\log R_{Tr} = \overline{\log R_{\max}} + (S_{\log} \times K_{Tr})$

$$\log R_5 = 2.089 + (0.156 \times 0.855) = 2.2222$$

- g. Curah hujan rencana $R_{Tr} = 10^{\log R_{Tr}}$

$$R_5 = 10^{\log 2.2222} = 166.80$$

Dengan menggunakan langkah perhitungan di atas, selanjutnya didapat hasil seperti pada Tabel 3.25 sampai dengan Tabel 3.27.

Tabel 3. 25 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Log Pearson Type III

No.	Tahun	R _{max} (mm/hr)	logR _{max}	(logR _{max} - logR _{max}) ²	(logR _{max} - logR _{max}) ³
1	1986	115.1	2.061	0.01755449	0.00232585
2	1987	77.6	1.890	0.00149926	-0.00005805
3	1988	52.4	1.719	0.04378584	-0.00916222
4	1989	166	2.220	0.08498749	0.02477607
5	1990	71.5	1.854	0.00551691	-0.00040977
6	1991	75	1.875	0.00286446	-0.00015331
7	1992	85	1.929	0.00000070	0.00000000
8	1993	73	1.863	0.00425875	-0.00027792
9	1994	60.5	1.782	0.02155805	-0.00316529
10	1995	102	2.009	0.00640291	0.00051235
11	1996	70	1.845	0.00696956	-0.00058185
12	1997	78	1.892	0.00133133	-0.00004858
13	1998	57.5	1.760	0.02853198	-0.00481945
14	1999	68.8	1.838	0.00827982	-0.00075341
15	2000	92	1.964	0.00123945	0.00004364
16	2001	123	2.090	0.02602516	0.00419846
17	2002	97	1.987	0.00338605	0.00019703
18	2003	137	2.137	0.04332168	0.00901691

Jumlah Data	N	18
Jumlah Nilai 'logR _{max} '	ΣlogR _{max}	34.714
Nilai Rata-rata 'logR _{max} ' (mean)	logR _{max}	1.929
Jumlah Selisih Dengan Mean Pangkat Dua	Σ(logR _{max} - logR _{max}) ²	0.308
Standar Deviasi 'logR _{max} '	S _{log}	0.134
Jumlah Selisih Dengan Mean Pangkat Tiga	Σ(logR _{max} - logR _{max}) ³	0.022
Koefisien Kemencengan	C _s	0.589

Tr (thn)	K _{Tr}	logR _{Tr}	R _{Tr} (mm)
2	-0.097	1.9155	82.32
5	0.801	2.0363	108.72
10	1.327	2.1071	127.97
25	1.936	2.1889	154.50
50	2.354	2.2451	175.84
100	2.747	2.2981	198.64

Tabel 3. 26 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Log Pearson Type III

No.	Tahun	R _{max} (mm/hr)	logR _{max}	(logR _{max} - logR _{max}) ²	(logR _{max} - logR _{max}) ³
1	1986	153.3	2.186	0.02335654	0.00356954
2	1987	91.1	1.960	0.00535755	-0.00039215
3	1988	62.9	1.799	0.05478551	-0.01282326
4	1989	174.4	2.242	0.04361114	0.00910744
5	1990	74.5	1.872	0.02577868	-0.00413896
6	1991	143.8	2.158	0.01563630	0.00195524
7	1992	140	2.146	0.01286282	0.00145883
8	1993	117	2.068	0.00125828	0.00004463
9	1994	73.7	1.867	0.02730631	-0.00451226
10	1995	124	2.093	0.00368546	0.00022374
11	1996	70	1.845	0.03519963	-0.00660400
12	1997	78	1.892	0.01977373	-0.00278056
13	1998	78	1.892	0.01977373	-0.00278056
14	1999	84	1.924	0.01175802	-0.00127497
15	2000	133	2.124	0.00830613	0.00075700
16	2001	148	2.170	0.01891946	0.00260233
17	2002	126	2.100	0.00457745	0.00030970
18	2003	178	2.250	0.04739604	0.01031842

Jumlah Data	N	18
Jumlah Nilai 'logR _{max} '	ΣlogR _{max}	36.589
Nilai Rata-rata 'logR _{max} ' (mean)	logR _{max}	2.033
Jumlah Selisih Dengan Mean Pangkat Dua	Σ(logR _{max} - logR _{max}) ²	0.379
Standar Deviasi 'logR _{max} '	S _{log}	0.149
Jumlah Selisih Dengan Mean Pangkat Tiga	Σ(logR _{max} - logR _{max}) ³	-0.005
Koefisien Kemencengan	C _S	-0.098

Tr (thn)	K _{Tr}	logR _{Tr}	R _{Tr} (mm)
2	0.002	2.0331	107.91
5	0.843	2.1586	144.07
10	1.280	2.2240	167.48
25	1.746	2.2935	196.58
50	2.046	2.3384	217.97
100	2.316	2.3786	239.12

Tabel 3. 27 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Log Pearson Type III

No.	Tahun	R _{max} (mm/hr)	logR _{max}	(logR _{max} - logR _{max}) ²	(logR _{max} - logR _{max}) ³
1	1986	162.3	2.210	0.01478515	0.00179779
2	1987	104.5	2.019	0.00484528	-0.00033727
3	1988	64	1.806	0.07983130	-0.02255588
4	1989	186.9	2.272	0.03344692	0.00611694
5	1990	122.3	2.087	0.00000168	0.00000000
6	1991	147.7	2.169	0.00650542	0.00052470
7	1992	170	2.230	0.02008587	0.00284666
8	1993	118.7	2.074	0.00020374	-0.00000291
9	1994	96	1.982	0.01133226	-0.00120635
10	1995	159	2.201	0.01269516	0.00143040
11	1996	71	1.851	0.05639008	-0.01339072
12	1997	78.6	1.895	0.03736557	-0.00722283
13	1998	80.5	1.906	0.03346281	-0.00612130
14	1999	92	1.964	0.01560912	-0.00195015
15	2000	160	2.204	0.01331616	0.00153663
16	2001	182	2.260	0.02935982	0.00503072
17	2002	154	2.188	0.00976073	0.00096433
18	2003	189	2.276	0.03524537	0.00661688

Jumlah Data	N	18
Jumlah Nilai 'logR _{max} '	ΣlogR _{max}	37.597
Nilai Rata-rata 'logR _{max} ' (mean)	logR _{max}	2.089
Jumlah Selisih Dengan Mean Pangkat Dua	Σ(logR _{max} - logR _{max}) ²	0.414
Standar Deviasi 'logR _{max} '	S _{log}	0.156
Jumlah Selisih Dengan Mean Pangkat Tiga	Σ(logR _{max} - logR _{max}) ³	-0.026
Koefisien Kemencengan	C _s	-0.451

Tr (thn)	K _{Tr}	logR _{Tr}	R _{Tr} (mm)
2	0.067	2.0991	125.65
5	0.855	2.2222	166.80
10	1.230	2.2808	190.89
25	1.604	2.3391	218.34
50	1.831	2.3745	236.89
100	2.026	2.4049	254.05

3.9.4 Distribusi Pearson Type III

Untuk perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan distribusi ini mempunyai prosedur perhitungan sama dengan distribusi log pearson type III, dengan catatan data curah hujan tidak perlu dirubah menjadi log dulu.

Dengan menggunakan langkah perhitungan curah hujan rencana ini, selanjutnya didapatkan hasil perhitungan seperti Tabel 3.28, Tabel 3.29, dan Tabel 3.30.

Tabel 3. 28 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Pearson Type III

No.	Tahun	$R_{\max}$ (mm/hr)	$(R_{\max} - \mu)^3$
1	1986	115.1	17847.79
2	1987	77.6	-1468.59
3	1988	52.4	-48894.06
4	1989	166	457126.16
5	1990	71.5	-5328.81
6	1991	75	-2724.45
7	1992	85	-62.41
8	1993	73	-4070.45
9	1994	60.5	-23067.99
10	1995	102	2213.94
11	1996	70	-6822.96
12	1997	78	-1318.94
13	1998	57.5	-31156.75
14	1999	68.8	-8201.67
15	2000	92	27.91
16	2001	123	39419.71
17	2002	97	518.43
18	2003	137	110822.56
Jumlah Data		N	18
Jumlah Nilai Data		$\sum R_{\max}$	1601.400
Nilai Rata-rata		μ	88.967
Standar Deviasi		S	29.951
Koefisien Kemencengan		C_s	1.219
Tr (thn)	K_{Tr}	R_{Tr} (mm)	
2	-0.198	83.04	
5	0.730	110.82	
10	1.340	129.10	
25	2.091	151.59	
50	2.634	167.84	
100	3.161	183.63	

Tabel 3. 29 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Pearson Type III

No.	Tahun	$R_{\max}$ (mm/hr)	$(R_{\max} - \mu)^3$
1	1986	153.3	61292.44
2	1987	91.1	-11809.08
3	1988	62.9	-132434.37
4	1989	174.4	221750.29
5	1990	74.5	-61033.71
6	1991	143.8	26805.47
7	1992	140	17836.41
8	1993	117	30.60
9	1994	73.7	-64830.23
10	1995	124	1038.83
11	1996	70	-84444.02
12	1997	78	-46160.96
13	1998	78	-46160.96
14	1999	84	-26656.47
15	2000	133	6998.32
16	2001	148	39748.80
17	2002	126	1783.79
18	2003	178	263717.27

Jumlah Data	N	18
Jumlah Nilai Data	$\sum R_{\max}$	2049.700
Nilai Rata-rata	μ	113.872
Standar Deviasi	S	37.862
Koefisien Kemencengan	C_s	0.204

Tr (thn)	K_{Tr}	R_{Tr} (mm)
2	-0.049	112.04
5	0.825	145.09
10	1.308	163.41
25	1.846	183.78
50	2.206	197.41
100	2.538	209.96

Tabel 3. 30 Curah Hujan Rencana (Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan) – Distribusi Pearson Type III

No.	Tahun	$R_{\max}$ (mm/hr)	$(R_{\max} - \mu)^3$
1	1986	162.3	33959.76
2	1987	104.5	-16419.34
3	1988	64	-286408.37
4	1989	186.9	185030.60
5	1990	122.3	-441.87
6	1991	147.7	5623.92
7	1992	170	64400.83
8	1993	118.7	-1411.21
9	1994	96	-39015.71
10	1995	159	24599.85
11	1996	71	-204509.98
12	1997	78.6	-135137.32
13	1998	80.5	-120675.84
14	1999	92	-54511.79
15	2000	160	27225.63
16	2001	182	141285.08
17	2002	154	13968.50
18	2003	189	206250.48

Jumlah Data	N	18
Jumlah Nilai Data	$\sum R_{\max}$	2338.500
Nilai Rata-rata	μ	129.917
Standar Deviasi	S	42.746
Koefisien Kemencengan	C_s	-0.132

Tr (thn)	K _{Tr}	R _{Tr} (mm)
2	0.017	130.66
5	0.846	166.08
10	1.270	184.19
25	1.715	203.24
50	1.999	215.36
100	2.250	226.11

3.9.5 Resume Curah Hujan Rencana

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan beberapa jenis distribusi yang sudah diperhitungkan sebelumnya, maka dapat ditunjukkan besarnya curah hujan rencana yaitu curah hujan maksimum tahunan dengan periode ulang tertentu, seperti pada Tabel 3.31, Tabel 3.32, dan Tabel 3.33.

Tabel 3. 31 Resume Curah Hujan 1 (Satu) Harian Maksimum Tahunan

Periode Ulang	Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana (mm/hr)			
	Normal	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III
Tr_2	88.97	84.58	83.04	82.32
Tr_5	113.42	116.93	110.82	108.72
Tr_{10}	126.22	138.35	129.10	127.97
Tr_{25}	136.70	165.42	151.59	154.50
Tr_{50}	148.64	185.50	167.84	175.84
Tr_{100}	156.79	205.43	183.63	198.64

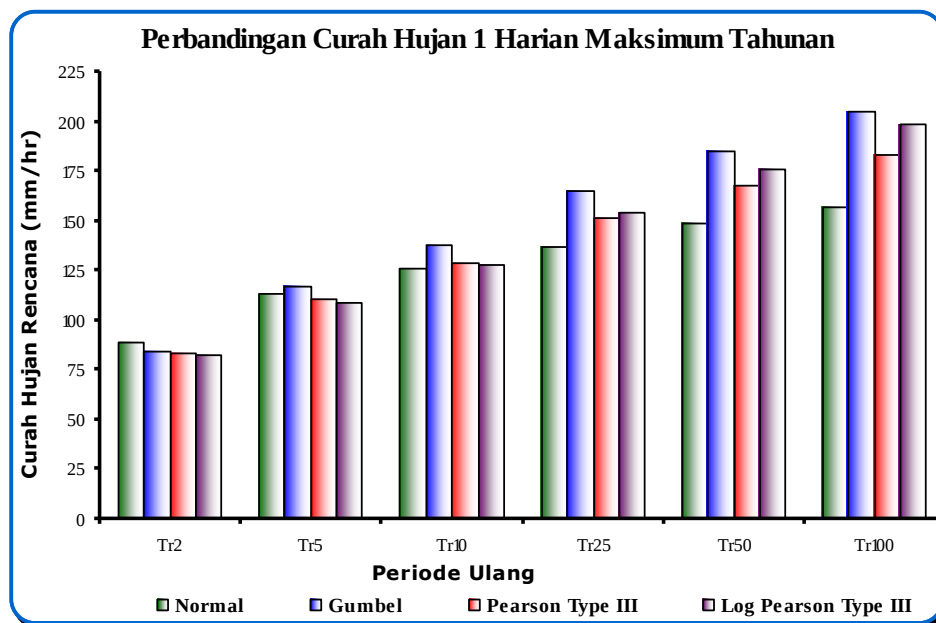
Tabel 3. 32 Resume Curah Hujan 2 (Dua) Harian Maksimum Tahunan

Periode Ulang	Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana (mm/hr)			
	Normal	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III
Tr_2	113.87	108.33	112.04	107.91
Tr_5	144.78	149.22	145.09	144.07
Tr_{10}	160.97	176.30	163.41	167.48
Tr_{25}	174.22	210.52	183.78	196.58
Tr_{50}	189.30	235.90	197.41	217.97
Tr_{100}	199.61	261.09	209.96	239.12

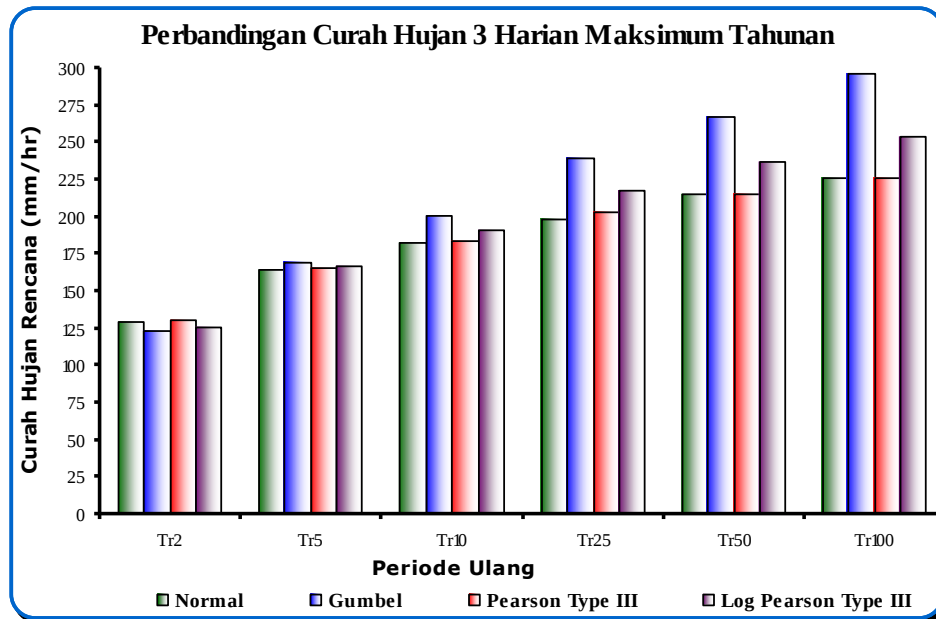
Tabel 3. 33 Resume Curah Hujan 3 (Tiga) Harian Maksimum Tahunan

Periode Ulang	Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana (mm/hr)			
	Normal	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III
Tr_2	129.92	123.66	130.66	125.65
Tr_5	164.81	169.83	166.08	166.80
Tr_{10}	183.09	200.40	184.19	190.89
Tr_{25}	198.04	239.03	203.24	218.34
Tr_{50}	215.08	267.68	215.36	236.89
Tr_{100}	226.71	296.12	226.11	254.05

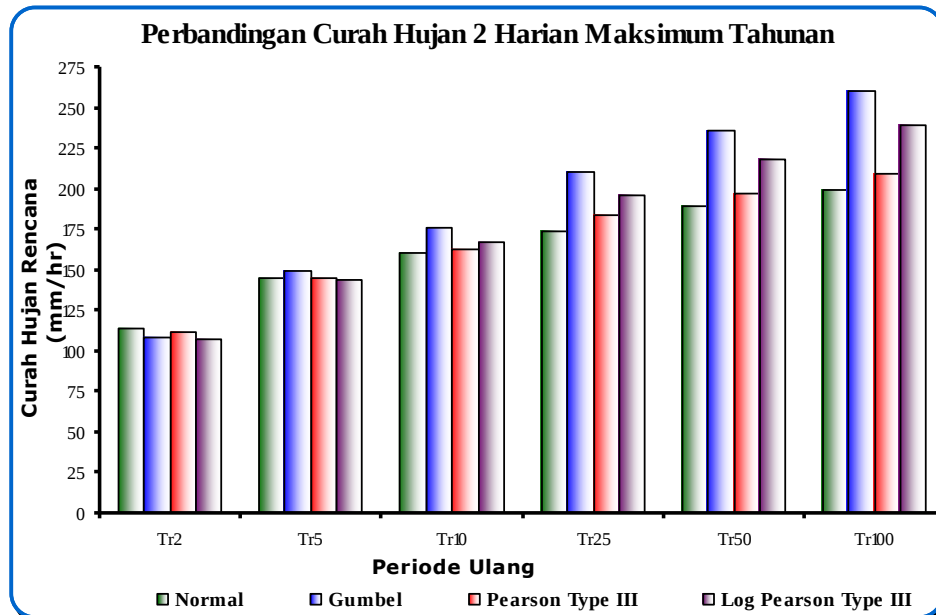
Dari Tabel 3.31, Tabel 3.32, dan Tabel 3.33 dapat dijelaskan bahwa dari hasil perhitungan curah hujan rencana dengan berbagai periode ulang menunjukkan, perhitungan dengan distribusi gumbel relatif lebih besar dari distribusi lainnya untuk periode ulang 5, 10, 25, 50, 100 tahun. Sedangkan untuk periode ulang 2 tahun, perhitungan curah hujan harian maksimum tahunan dengan distribusi normal relatif lebih besar dari distribusi yang lainnya.



Gambar 3. 15 Perbandingan Curah Hujan 1 (Satu) Hari Maksimum Tahunan



Gambar 3. 16 Perbandingan Curah Hujan 2 (Dua) Harian Maksimum Tahunan



Gambar 3. 17 Perbandingan Curah Hujan 3 (Tiga) Harian Maksimum Tahunan

3.10 Uji Kecocokan

Dalam menghitung curah hujan rencana digunakan beberapa distribusi, dari beberapa distribusi ini hanya satu yang akan dipakai. Untuk menentukan distribusi mana yang akan dipakai dilakukan uji kecocokan dengan maksud untuk memberikan informasi apakah suatu distribusi data sama atau mendekati dengan hasil pengamatan dan kelayakan suatu fungsi distribusi. Ada empat metoda yang digunakan untuk pengujian tersebut:

- a. **Rata-rata prosentase error**, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan probabilitas dan fungsi kerapatan kumulatif.
- b. **Deviasi**, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan probabilitas dan fungsi kerapatan kumulatif.
- c. **Chi-Kuadrat**, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan probabilitas.
- d. **Kolmogorof-Smirnov**, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan kumulatif.

Dari beberapa metoda untuk melakukan uji kecocokan, dalam kasus ini akan digunakan rata-rata prosentase error dan deviasi untuk menguji kecocokan distribusi yang dipakai dalam perhitungan curah hujan rencana.

3.10.1 Rata-rata Prosentase Error

Pengujian dengan rata-rata prosentase error digunakan untuk menentukan nilai prosentase kesalahan antara nilai analitis dengan data lapangan. Pengujian kecocokan dengan rata-rata prosentase error dinyatakan dalam bentuk formula sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata error} = \frac{\left| \hat{X}_i - X \right|}{N} * 100\%$$

Dimana:

$\hat{X}_i$ = nilai analitis

X_i = nilai aktual

i = nomor urut data (1,2,3,N)

N = jumlah data

Jika nilai rata-rata prosentase error mendekati 100% atau lebih, maka suatu fungsi distribusi memiliki nilai kepercayaan error besar, dengan kata lain fungsi distribusi tidak cocok dengan data lapangan, dan sebaliknya.

Dengan menggunakan uji kecocokan ini akan didapat hasil uji kecocokan dari berbagai distribusi seperti pada Tabel 3.34 sampai Tabel 3.35.

Tabel 3. 34 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Normal

m	Weibull	Tr	KTr	Rmax-aktual	Rmax-prediksi	% Error
1	0.05	19.00	1.50	166.00	132.51	33.49
2	0.11	9.50	1.24	137.00	124.94	12.06
3	0.16	6.33	0.96	123.00	116.83	6.17
4	0.21	4.75	0.80	115.10	112.18	2.92
5	0.26	3.80	0.63	102.00	107.17	5.17
6	0.32	3.17	0.47	97.00	102.56	5.56
7	0.37	2.71	0.32	92.00	98.27	6.27
8	0.42	2.38	0.19	85.00	94.42	9.42
9	0.47	2.11	0.06	78.00	90.58	12.58
10	0.53	1.90	-0.08	77.60	86.76	9.16
11	0.58	1.73	-0.21	75.00	82.95	7.95
12	0.63	1.58	-0.35	73.00	78.85	5.85
13	0.68	1.46	-0.48	71.50	74.86	3.36
14	0.74	1.36	-0.63	70.00	70.65	0.65
15	0.79	1.27	-0.80	68.80	65.55	3.25
16	0.84	1.19	-1.04	60.50	58.80	1.70
17	0.89	1.12	-1.26	57.50	52.41	5.09
18	0.95	1.06	-1.61	52.40	42.20	10.20
Total Prosentase Error (%)						140.86
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						7.83

Tabel 3. 35 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Normal

m	Weibull	Tr	KTr	Rmax-aktual	Rmax-prediksi	% Error
1	0.05	19.00	1.50	178.00	168.92	9.08
2	0.11	9.50	1.24	174.40	159.35	15.05
3	0.16	6.33	0.96	153.30	149.10	4.20
4	0.21	4.75	0.80	148.00	143.22	4.78
5	0.26	3.80	0.63	143.80	136.88	6.92
6	0.32	3.17	0.47	140.00	131.05	8.95
7	0.37	2.71	0.32	133.00	125.64	7.36
8	0.42	2.38	0.19	126.00	120.77	5.23
9	0.47	2.11	0.06	124.00	115.92	8.08
10	0.53	1.90	-0.08	117.00	111.08	5.92
11	0.58	1.73	-0.21	91.10	106.27	15.17
12	0.63	1.58	-0.35	84.00	101.09	17.09
13	0.68	1.46	-0.48	78.00	96.04	18.04
14	0.74	1.36	-0.63	78.00	90.72	12.72
15	0.79	1.27	-0.80	74.50	84.27	9.77
16	0.84	1.19	-1.04	73.70	75.74	2.04
17	0.89	1.12	-1.26	70.00	67.66	2.34
18	0.95	1.06	-1.61	62.90	54.75	8.15
Total Prosentase Error (%)						160.89
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						8.94

Tabel 3. 36 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Normal

m	Weibull	Tr	KTr	Rmax-aktual	Rmax-prediksi	% Error
1	0.05	19.00	1.50	189.00	192.06	3.06
2	0.11	9.50	1.24	186.90	181.26	5.64
3	0.16	6.33	0.96	182.00	169.69	12.31
4	0.21	4.75	0.80	170.00	163.05	6.95
5	0.26	3.80	0.63	162.30	155.89	6.41
6	0.32	3.17	0.47	160.00	149.31	10.69
7	0.37	2.71	0.32	159.00	143.20	15.80
8	0.42	2.38	0.19	154.00	137.71	16.29
9	0.47	2.11	0.06	147.70	132.22	15.48
10	0.53	1.90	-0.08	122.30	126.77	4.47
11	0.58	1.73	-0.21	118.70	121.33	2.63
12	0.63	1.58	-0.35	104.50	115.48	10.98
13	0.68	1.46	-0.48	96.00	109.79	13.79
14	0.74	1.36	-0.63	92.00	103.78	11.78
15	0.79	1.27	-0.80	80.50	96.49	15.99
16	0.84	1.19	-1.04	78.60	86.86	8.26
17	0.89	1.12	-1.26	71.00	77.74	6.74
18	0.95	1.06	-1.61	64.00	63.17	0.83
Total Prosentase Error (%)						168.11
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						9.34

Tabel 3. 37 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Gumbel

m	Weibull	Tr	Y _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	% Error
1	0.05	19.00	2.92	166.00	157.40	8.60
2	0.11	9.50	2.20	137.00	136.81	0.19
3	0.16	6.33	1.76	123.00	124.39	1.39
4	0.21	4.75	1.44	115.10	115.29	0.19
5	0.26	3.80	1.19	102.00	107.98	5.98
6	0.32	3.17	0.97	97.00	101.78	4.78
7	0.37	2.71	0.78	92.00	96.31	4.31
8	0.42	2.38	0.60	85.00	91.36	6.36
9	0.47	2.11	0.44	78.00	86.77	8.77
10	0.53	1.90	0.29	77.60	82.44	4.84
11	0.58	1.73	0.15	75.00	78.26	3.26
12	0.63	1.58	0.00	73.00	74.16	1.16
13	0.68	1.46	-0.14	71.50	70.06	1.44
14	0.74	1.36	-0.29	70.00	65.87	4.13
15	0.79	1.27	-0.44	68.80	61.46	7.34
16	0.84	1.19	-0.61	60.50	56.62	3.88
17	0.89	1.12	-0.81	57.50	50.95	6.55
18	0.95	1.06	-1.08	52.40	43.29	9.11
Total Prosentase Error (%)						82.27
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						4.57

Tabel 3. 38 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Gumbel

m	Weibull	Tr	Y _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	% Error
1	0.05	19.00	2.92	178.00	200.38	22.38
2	0.11	9.50	2.20	174.40	174.35	0.05
3	0.16	6.33	1.76	153.30	158.65	5.35
4	0.21	4.75	1.44	148.00	147.14	0.86
5	0.26	3.80	1.19	143.80	137.90	5.90
6	0.32	3.17	0.97	140.00	130.06	9.94
7	0.37	2.71	0.78	133.00	123.16	9.84
8	0.42	2.38	0.60	126.00	116.90	9.10
9	0.47	2.11	0.44	124.00	111.10	12.90
10	0.53	1.90	0.29	117.00	105.62	11.38
11	0.58	1.73	0.15	91.10	100.33	9.23
12	0.63	1.58	0.00	84.00	95.15	11.15
13	0.68	1.46	-0.14	78.00	89.97	11.97
14	0.74	1.36	-0.29	78.00	84.68	6.68
15	0.79	1.27	-0.44	74.50	79.10	4.60
16	0.84	1.19	-0.61	73.70	72.99	0.71
17	0.89	1.12	-0.81	70.00	65.82	4.18
18	0.95	1.06	-1.08	62.90	56.13	6.77
Total Prosentase Error (%)						142.99
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						7.94

Tabel 3. 39 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Gumbel

m	Weibull	Tr	Y _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	% Error
1	0.05	19.00	2.92	189.00	227.58	38.58
2	0.11	9.50	2.20	186.90	198.19	11.29
3	0.16	6.33	1.76	182.00	180.47	1.53
4	0.21	4.75	1.44	170.00	167.48	2.52
5	0.26	3.80	1.19	162.30	157.05	5.25
6	0.32	3.17	0.97	160.00	148.20	11.80
7	0.37	2.71	0.78	159.00	140.40	18.60
8	0.42	2.38	0.60	154.00	133.34	20.66
9	0.47	2.11	0.44	147.70	126.79	20.91
10	0.53	1.90	0.29	122.30	120.60	1.70
11	0.58	1.73	0.15	118.70	114.63	4.07
12	0.63	1.58	0.00	104.50	108.79	4.29
13	0.68	1.46	-0.14	96.00	102.94	6.94
14	0.74	1.36	-0.29	92.00	96.95	4.95
15	0.79	1.27	-0.44	80.50	90.66	10.16
16	0.84	1.19	-0.61	78.60	83.76	5.16
17	0.89	1.12	-0.81	71.00	75.67	4.67
18	0.95	1.06	-1.08	64.00	64.73	0.73
Total Prosentase Error (%)						173.81
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						9.66

Tabel 3. 40 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	% Error
1	0.05	19.00	1.64	166.0	141.02	24.98
2	0.11	9.50	1.17	137.0	121.77	15.23
3	0.16	6.33	0.89	123.0	111.76	11.24
4	0.21	4.75	0.69	115.1	105.15	9.95
5	0.26	3.80	0.54	102.0	100.30	1.70
6	0.32	3.17	0.42	97.0	96.50	0.50
7	0.37	2.71	0.31	92.0	93.41	1.41
8	0.42	2.38	0.22	85.0	90.80	5.80
9	0.47	2.11	0.14	78.0	88.57	10.57
10	0.53	1.90	0.07	77.6	86.61	9.01
11	0.58	1.73	0.00	75.0	84.88	9.88
12	0.63	1.58	-0.06	73.0	83.33	10.33
13	0.68	1.46	-0.11	71.5	81.93	10.43
14	0.74	1.36	-0.16	70.0	80.66	10.66
15	0.79	1.27	-0.21	68.8	79.49	10.69
16	0.84	1.19	-0.25	60.5	78.41	17.91
17	0.89	1.12	-0.30	57.5	77.41	19.91
18	0.95	1.06	-0.33	52.4	76.48	24.08
Total Prosentase Error (%)						204.27
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						11.35

Tabel 3. 41 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	% Error
1	0.05	19.00	1.46	178.0	178.38	0.38
2	0.11	9.50	1.09	174.4	156.99	17.41
3	0.16	6.33	0.87	153.3	145.68	7.62
4	0.21	4.75	0.72	148.0	138.16	9.84
5	0.26	3.80	0.60	143.8	132.59	11.21
6	0.32	3.17	0.50	140.0	128.21	11.79
7	0.37	2.71	0.42	133.0	124.62	8.38
8	0.42	2.38	0.35	126.0	121.59	4.41
9	0.47	2.11	0.29	124.0	118.98	5.02
10	0.53	1.90	0.23	117.0	116.69	0.31
11	0.58	1.73	0.18	91.1	114.66	23.56
12	0.63	1.58	0.13	84.0	112.84	28.84
13	0.68	1.46	0.09	78.0	111.18	33.18
14	0.74	1.36	0.05	78.0	109.68	31.68
15	0.79	1.27	0.01	74.5	108.29	33.79
16	0.84	1.19	-0.02	73.7	107.01	33.31
17	0.89	1.12	-0.05	70.0	105.82	35.82
18	0.95	1.06	-0.09	62.9	104.71	41.81
Total Prosentase Error (%)						338.35
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						18.80

Tabel 3. 42 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	% Error
1	0.05	19.00	1.25	189.0	192.50	3.50
2	0.11	9.50	0.95	186.9	172.52	14.38
3	0.16	6.33	0.77	182.0	161.81	20.19
4	0.21	4.75	0.64	170.0	154.61	15.39
5	0.26	3.80	0.55	162.3	149.25	13.05
6	0.32	3.17	0.47	160.0	145.01	14.99
7	0.37	2.71	0.40	159.0	141.52	17.48
8	0.42	2.38	0.34	154.0	138.56	15.44
9	0.47	2.11	0.29	147.7	136.00	11.70
10	0.53	1.90	0.24	122.3	133.76	11.46
11	0.58	1.73	0.20	118.7	131.76	13.06
12	0.63	1.58	0.16	104.5	129.96	25.46
13	0.68	1.46	0.13	96.0	128.32	32.32
14	0.74	1.36	0.09	92.0	126.83	34.83
15	0.79	1.27	0.06	80.5	125.45	44.95
16	0.84	1.19	0.03	78.6	124.18	45.58
17	0.89	1.12	0.01	71.0	122.99	51.99
18	0.95	1.06	-0.02	64.0	121.89	57.89
Total Prosentase Error (%)						443.66
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						24.65

Tabel 3. 43 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	% Error
1	0.05	19.00	1.80	166.0	142.78	23.22
2	0.11	9.50	1.22	137.0	125.51	11.49
3	0.16	6.33	0.88	123.0	115.41	7.59
4	0.21	4.75	0.64	115.1	108.24	6.86
5	0.26	3.80	0.46	102.0	102.68	0.68
6	0.32	3.17	0.31	97.0	98.13	1.13
7	0.37	2.71	0.18	92.0	94.29	2.29
8	0.42	2.38	0.07	85.0	90.96	5.96
9	0.47	2.11	-0.03	78.0	88.03	10.03
10	0.53	1.90	-0.12	77.6	85.40	7.80
11	0.58	1.73	-0.20	75.0	83.03	8.03
12	0.63	1.58	-0.27	73.0	80.86	7.86
13	0.68	1.46	-0.34	71.5	78.86	7.36
14	0.74	1.36	-0.40	70.0	77.02	7.02
15	0.79	1.27	-0.46	68.8	75.30	6.50
16	0.84	1.19	-0.51	60.5	73.69	13.19
17	0.89	1.12	-0.56	57.5	72.18	14.68
18	0.95	1.06	-0.61	52.4	70.75	18.35
Total Prosentase Error (%)						160.04
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						8.89

Tabel 3. 44 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	% Error
1	0.05	19.00	1.56	178.0	172.80	5.20
2	0.11	9.50	1.13	174.4	156.76	17.64
3	0.16	6.33	0.88	153.3	147.38	5.92
4	0.21	4.75	0.71	148.0	140.72	7.28
5	0.26	3.80	0.57	143.8	135.56	8.24
6	0.32	3.17	0.46	140.0	131.34	8.66
7	0.37	2.71	0.37	133.0	127.77	5.23
8	0.42	2.38	0.29	126.0	124.68	1.32
9	0.47	2.11	0.21	124.0	121.96	2.04
10	0.53	1.90	0.15	117.0	119.52	2.52
11	0.58	1.73	0.09	91.1	117.32	26.22
12	0.63	1.58	0.04	84.0	115.30	31.30
13	0.68	1.46	-0.01	78.0	113.45	35.45
14	0.74	1.36	-0.06	78.0	111.74	33.74
15	0.79	1.27	-0.10	74.5	110.14	35.64
16	0.84	1.19	-0.14	73.7	108.65	34.95
17	0.89	1.12	-0.18	70.0	107.24	37.24
18	0.95	1.06	-0.21	62.9	105.92	43.02
Total Prosentase Error (%)						341.60
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						18.98

Tabel 3. 45 Hasil Uji Kecocokan Prosentase Error – Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	% Error
1	0.05	19.00	1.44	189.0	191.28	2.28
2	0.11	9.50	1.08	186.9	176.05	10.85
3	0.16	6.33	0.87	182.0	167.14	14.86
4	0.21	4.75	0.72	170.0	160.82	9.18
5	0.26	3.80	0.61	162.3	155.91	6.39
6	0.32	3.17	0.51	160.0	151.91	8.09
7	0.37	2.71	0.44	159.0	148.52	10.48
8	0.42	2.38	0.37	154.0	145.59	8.41
9	0.47	2.11	0.31	147.7	143.00	4.70
10	0.53	1.90	0.25	122.3	140.68	18.38
11	0.58	1.73	0.20	118.7	138.59	19.89
12	0.63	1.58	0.16	104.5	136.68	32.18
13	0.68	1.46	0.12	96.0	134.92	38.92
14	0.74	1.36	0.08	92.0	133.29	41.29
15	0.79	1.27	0.04	80.5	131.77	51.27
16	0.84	1.19	0.01	78.6	130.35	51.75
17	0.89	1.12	-0.02	71.0	129.02	58.02
18	0.95	1.06	-0.05	64.0	127.77	63.77
Total Prosentase Error (%)						450.72
Jumlah Data						18.00
Rata-rata Prosentase Error (%)						25.04

3.10.2 Deviasi

Nilai deviasi sebanding dengan nilai simpangan data analisa terhadap data lapangan. Semakin kecil nilai deviasi maka sebaran nilai fungsi akan mendekati, dengan data pengamatan dan sebaliknya jika nilai deviasi besar maka sebaran fungsi tersebut akan menjauhi data. Uji kecocokan dengan menggunakan nilai deviasi dapat dinyatakan dengan formula berikut:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left(\hat{X}_i - X_1 \right)^2}{N-1}}$$

Fungsi distribusi dikatakan cocok dengan data lapangan jika memiliki nilai deviasi kecil jika dibandingkan terhadap fungsi yang lain maka yang dipilih adalah yang terkecil. Dengan menggunakan uji kecocokan ini akan didapat hasil uji kecocokan dari berbagai distribusi seperti pada Tabel 4-48 sampai 4-59

Tabel 3. 46 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Normal

m	Weibull	Tr	KTr	Rmax-aktual	Rmax-prediksi	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	1.50	166.00	132.51	1121.47
2	0.11	9.50	1.24	137.00	124.94	145.36
3	0.16	6.33	0.96	123.00	116.83	38.04
4	0.21	4.75	0.80	115.10	112.18	8.53
5	0.26	3.80	0.63	102.00	107.17	26.68
6	0.32	3.17	0.47	97.00	102.56	30.87
7	0.37	2.71	0.32	92.00	98.27	39.35
8	0.42	2.38	0.19	85.00	94.42	88.82
9	0.47	2.11	0.06	78.00	90.58	158.35
10	0.53	1.90	-0.08	77.60	86.76	83.93
11	0.58	1.73	-0.21	75.00	82.95	63.25
12	0.63	1.58	-0.35	73.00	78.85	34.24
13	0.68	1.46	-0.48	71.50	74.86	11.31
14	0.74	1.36	-0.63	70.00	70.65	0.42
15	0.79	1.27	-0.80	68.80	65.55	10.58
16	0.84	1.19	-1.04	60.50	58.80	2.89
17	0.89	1.12	-1.26	57.50	52.41	25.92
18	0.95	1.06	-1.61	52.40	42.20	104.03
Total Selisih Pangkat Dua						1994.05
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						10.83

Tabel 3. 47 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Normal

m	Weibull	Tr	KTr	Rmax-aktual	Rmax-prediksi	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	1.50	178.00	168.92	82.48
2	0.11	9.50	1.24	174.40	159.35	226.46
3	0.16	6.33	0.96	153.30	149.10	17.66
4	0.21	4.75	0.80	148.00	143.22	22.88
5	0.26	3.80	0.63	143.80	136.88	47.92
6	0.32	3.17	0.47	140.00	131.05	80.09
7	0.37	2.71	0.32	133.00	125.64	54.23
8	0.42	2.38	0.19	126.00	120.77	27.34
9	0.47	2.11	0.06	124.00	115.92	65.34
10	0.53	1.90	-0.08	117.00	111.08	34.99
11	0.58	1.73	-0.21	91.10	106.27	230.12
12	0.63	1.58	-0.35	84.00	101.09	291.92
13	0.68	1.46	-0.48	78.00	96.04	325.59
14	0.74	1.36	-0.63	78.00	90.72	161.73
15	0.79	1.27	-0.80	74.50	84.27	95.40
16	0.84	1.19	-1.04	73.70	75.74	4.15
17	0.89	1.12	-1.26	70.00	67.66	5.48
18	0.95	1.06	-1.61	62.90	54.75	66.36
Total Selisih Pangkat Dua						1840.14
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						10.40

Tabel 3. 48 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Normal

m	Weibull	Tr	KTr	Rmax-aktual	Rmax-prediksi	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	1.50	189.00	192.06	9.38
2	0.11	9.50	1.24	186.90	181.26	31.79
3	0.16	6.33	0.96	182.00	169.69	151.64
4	0.21	4.75	0.80	170.00	163.05	48.36
5	0.26	3.80	0.63	162.30	155.89	41.10
6	0.32	3.17	0.47	160.00	149.31	114.25
7	0.37	2.71	0.32	159.00	143.20	249.71
8	0.42	2.38	0.19	154.00	137.71	265.50
9	0.47	2.11	0.06	147.70	132.22	239.49
10	0.53	1.90	-0.08	122.30	126.77	19.98
11	0.58	1.73	-0.21	118.70	121.33	6.94
12	0.63	1.58	-0.35	104.50	115.48	120.58
13	0.68	1.46	-0.48	96.00	109.79	190.14
14	0.74	1.36	-0.63	92.00	103.78	138.66
15	0.79	1.27	-0.80	80.50	96.49	255.78
16	0.84	1.19	-1.04	78.60	86.86	68.26
17	0.89	1.12	-1.26	71.00	77.74	45.45
18	0.95	1.06	-1.61	64.00	63.17	0.68
Total Selisih Pangkat Dua						1997.69
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						10.84

Tabel 3. 49 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Gumbel

m	Weibull	Tr	Y _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	2.92	166.00	157.40	74.02
2	0.11	9.50	2.20	137.00	136.81	0.04
3	0.16	6.33	1.76	123.00	124.39	1.93
4	0.21	4.75	1.44	115.10	115.29	0.03
5	0.26	3.80	1.19	102.00	107.98	35.72
6	0.32	3.17	0.97	97.00	101.78	22.80
7	0.37	2.71	0.78	92.00	96.31	18.60
8	0.42	2.38	0.60	85.00	91.36	40.48
9	0.47	2.11	0.44	78.00	86.77	76.99
10	0.53	1.90	0.29	77.60	82.44	23.39
11	0.58	1.73	0.15	75.00	78.26	10.61
12	0.63	1.58	0.00	73.00	74.16	1.35
13	0.68	1.46	-0.14	71.50	70.06	2.07
14	0.74	1.36	-0.29	70.00	65.87	17.05
15	0.79	1.27	-0.44	68.80	61.46	53.89
16	0.84	1.19	-0.61	60.50	56.62	15.04
17	0.89	1.12	-0.81	57.50	50.95	42.85
18	0.95	1.06	-1.08	52.40	43.29	82.95
Total Selisih Pangkat Dua						519.80
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						5.53

Tabel 3. 50 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Gumbel

m	Weibull	Tr	Y _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	2.92	178.00	200.38	500.68
2	0.11	9.50	2.20	174.40	174.35	0.00
3	0.16	6.33	1.76	153.30	158.65	28.61
4	0.21	4.75	1.44	148.00	147.14	0.73
5	0.26	3.80	1.19	143.80	137.90	34.77
6	0.32	3.17	0.97	140.00	130.06	98.73
7	0.37	2.71	0.78	133.00	123.16	96.86
8	0.42	2.38	0.60	126.00	116.90	82.79
9	0.47	2.11	0.44	124.00	111.10	166.39
10	0.53	1.90	0.29	117.00	105.62	129.58
11	0.58	1.73	0.15	91.10	100.33	85.28
12	0.63	1.58	0.00	84.00	95.15	124.43
13	0.68	1.46	-0.14	78.00	89.97	143.39
14	0.74	1.36	-0.29	78.00	84.68	44.57
15	0.79	1.27	-0.44	74.50	79.10	21.15
16	0.84	1.19	-0.61	73.70	72.99	0.51
17	0.89	1.12	-0.81	70.00	65.82	17.47
18	0.95	1.06	-1.08	62.90	56.13	45.77
Total Selisih Pangkat Dua						1621.72
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						9.77

Tabel 3. 51 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Gumbel

m	Weibull	Tr	Y _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	2.92	189.00	227.58	1488.24
2	0.11	9.50	2.20	186.90	198.19	127.52
3	0.16	6.33	1.76	182.00	180.47	2.34
4	0.21	4.75	1.44	170.00	167.48	6.35
5	0.26	3.80	1.19	162.30	157.05	27.59
6	0.32	3.17	0.97	160.00	148.20	139.32
7	0.37	2.71	0.78	159.00	140.40	345.95
8	0.42	2.38	0.60	154.00	133.34	426.99
9	0.47	2.11	0.44	147.70	126.79	437.32
10	0.53	1.90	0.29	122.30	120.60	2.90
11	0.58	1.73	0.15	118.70	114.63	16.54
12	0.63	1.58	0.00	104.50	108.79	18.36
13	0.68	1.46	-0.14	96.00	102.94	48.12
14	0.74	1.36	-0.29	92.00	96.95	24.55
15	0.79	1.27	-0.44	80.50	90.66	103.19
16	0.84	1.19	-0.61	78.60	83.76	26.58
17	0.89	1.12	-0.81	71.00	75.67	21.78
18	0.95	1.06	-1.08	64.00	64.73	0.54
Total Selisih Pangkat Dua						3264.17
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						13.86

Tabel 3. 52 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	1.64	166.00	141.02	624.12
2	0.11	9.50	1.17	137.00	121.77	231.89
3	0.16	6.33	0.89	123.00	111.76	126.43
4	0.21	4.75	0.69	115.10	105.15	98.94
5	0.26	3.80	0.54	102.00	100.30	2.89
6	0.32	3.17	0.42	97.00	96.50	0.25
7	0.37	2.71	0.31	92.00	93.41	1.98
8	0.42	2.38	0.22	85.00	90.80	33.66
9	0.47	2.11	0.14	78.00	88.57	111.64
10	0.53	1.90	0.07	77.60	86.61	81.22
11	0.58	1.73	0.00	75.00	84.88	97.66
12	0.63	1.58	-0.06	73.00	83.33	106.77
13	0.68	1.46	-0.11	71.50	81.93	108.85
14	0.74	1.36	-0.16	70.00	80.66	113.59
15	0.79	1.27	-0.21	68.80	79.49	114.24
16	0.84	1.19	-0.25	60.50	78.41	320.75
17	0.89	1.12	-0.30	57.50	77.41	396.40
18	0.95	1.06	-0.33	52.40	76.48	579.78
Total Selisih Pangkat Dua						3151.06
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						13.61

Tabel 3. 53 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	1.46	178.00	178.38	0.14
2	0.11	9.50	1.09	174.40	156.99	303.23
3	0.16	6.33	0.87	153.30	145.68	58.02
4	0.21	4.75	0.72	148.00	138.16	96.83
5	0.26	3.80	0.60	143.80	132.59	125.59
6	0.32	3.17	0.50	140.00	128.21	138.96
7	0.37	2.71	0.42	133.00	124.62	70.21
8	0.42	2.38	0.35	126.00	121.59	19.44
9	0.47	2.11	0.29	124.00	118.98	25.20
10	0.53	1.90	0.23	117.00	116.69	0.09
11	0.58	1.73	0.18	91.10	114.66	555.09
12	0.63	1.58	0.13	84.00	112.84	831.53
13	0.68	1.46	0.09	78.00	111.18	1101.17
14	0.74	1.36	0.05	78.00	109.68	1003.35
15	0.79	1.27	0.01	74.50	108.29	1141.76
16	0.84	1.19	-0.02	73.70	107.01	1109.53
17	0.89	1.12	-0.05	70.00	105.82	1283.11
18	0.95	1.06	-0.09	62.90	104.71	1748.21
Total Selisih Pangkat Dua						9611.46
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						23.78

Tabel 3. 54 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Log Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	1.25	189.00	192.50	12.25
2	0.11	9.50	0.95	186.90	172.52	206.84
3	0.16	6.33	0.77	182.00	161.81	407.83
4	0.21	4.75	0.64	170.00	154.61	236.85
5	0.26	3.80	0.55	162.30	149.25	170.29
6	0.32	3.17	0.47	160.00	145.01	224.72
7	0.37	2.71	0.40	159.00	141.52	305.63
8	0.42	2.38	0.34	154.00	138.56	238.36
9	0.47	2.11	0.29	147.70	136.00	136.78
10	0.53	1.90	0.24	122.30	133.76	131.28
11	0.58	1.73	0.20	118.70	131.76	170.49
12	0.63	1.58	0.16	104.50	129.96	648.06
13	0.68	1.46	0.13	96.00	128.32	1044.75
14	0.74	1.36	0.09	92.00	126.83	1212.98
15	0.79	1.27	0.06	80.50	125.45	2020.67
16	0.84	1.19	0.03	78.60	124.18	2077.37
17	0.89	1.12	0.01	71.00	122.99	2703.33
18	0.95	1.06	-0.02	64.00	121.89	3350.91
Total Selisih Pangkat Dua						15299.38
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						30.00

Tabel 3. 55 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 1 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	1.80	166.0	142.78	538.98
2	0.11	9.50	1.22	137.0	125.51	132.01
3	0.16	6.33	0.88	123.0	115.41	57.67
4	0.21	4.75	0.64	115.1	108.24	47.10
5	0.26	3.80	0.46	102.0	102.68	0.46
6	0.32	3.17	0.31	97.0	98.13	1.28
7	0.37	2.71	0.18	92.0	94.29	5.25
8	0.42	2.38	0.07	85.0	90.96	35.56
9	0.47	2.11	-0.03	78.0	88.03	100.56
10	0.53	1.90	-0.12	77.6	85.40	60.87
11	0.58	1.73	-0.20	75.0	83.03	64.43
12	0.63	1.58	-0.27	73.0	80.86	61.76
13	0.68	1.46	-0.34	71.5	78.86	54.23
14	0.74	1.36	-0.40	70.0	77.02	49.24
15	0.79	1.27	-0.46	68.8	75.30	42.22
16	0.84	1.19	-0.51	60.5	73.69	173.96
17	0.89	1.12	-0.56	57.5	72.18	215.46
18	0.95	1.06	-0.61	52.4	70.75	336.88
Total Selisih Pangkat Dua						1977.93
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						10.79

Tabel 3. 56 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 2 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	1.56	178.0	172.80	27.06
2	0.11	9.50	1.13	174.4	156.76	311.18
3	0.16	6.33	0.88	153.3	147.38	35.07
4	0.21	4.75	0.71	148.0	140.72	52.98
5	0.26	3.80	0.57	143.8	135.56	67.92
6	0.32	3.17	0.46	140.0	131.34	75.00
7	0.37	2.71	0.37	133.0	127.77	27.32
8	0.42	2.38	0.29	126.0	124.68	1.73
9	0.47	2.11	0.21	124.0	121.96	4.17
10	0.53	1.90	0.15	117.0	119.52	6.35
11	0.58	1.73	0.09	91.1	117.32	687.23
12	0.63	1.58	0.04	84.0	115.30	979.80
13	0.68	1.46	-0.01	78.0	113.45	1256.69
14	0.74	1.36	-0.06	78.0	111.74	1138.05
15	0.79	1.27	-0.10	74.5	110.14	1270.12
16	0.84	1.19	-0.14	73.7	108.65	1221.18
17	0.89	1.12	-0.18	70.0	107.24	1387.02
18	0.95	1.06	-0.21	62.9	105.92	1850.73
Total Selisih Pangkat Dua						10399.61
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						24.73

Tabel 3. 57 Hasil Uji Kecocokan Deviasi – Curah Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan - Distribusi Pearson Type III

m	Weibull	Tr	K _{Tr}	R _{max-aktual}	R _{max-prediksi}	(Selisih) ²
1	0.05	19.00	1.44	189.0	191.28	5.20
2	0.11	9.50	1.08	186.9	176.05	117.74
3	0.16	6.33	0.87	182.0	167.14	220.84
4	0.21	4.75	0.72	170.0	160.82	84.32
5	0.26	3.80	0.61	162.3	155.91	40.78
6	0.32	3.17	0.51	160.0	151.91	65.48
7	0.37	2.71	0.44	159.0	148.52	109.82
8	0.42	2.38	0.37	154.0	145.59	70.79
9	0.47	2.11	0.31	147.7	143.00	22.11
10	0.53	1.90	0.25	122.3	140.68	337.92
11	0.58	1.73	0.20	118.7	138.59	395.54
12	0.63	1.58	0.16	104.5	136.68	1035.31
13	0.68	1.46	0.12	96.0	134.92	1514.56
14	0.74	1.36	0.08	92.0	133.29	1704.77
15	0.79	1.27	0.04	80.5	131.77	2628.90
16	0.84	1.19	0.01	78.6	130.35	2678.54
17	0.89	1.12	-0.02	71.0	129.02	3366.61
18	0.95	1.06	-0.05	64.0	127.77	4066.16
Total Selisih Pangkat Dua						18465.42
Jumlah Data						18.00
Deviasi (δ)						32.96

3.10.3 Resume Uji Kecocokan

Dari hasil uji kecocokan yang sudah dilakukan, baik dengan menggunakan rata-rata prosentase error maupun deviasi maka dapat disajikan resume uji kecocokan seperti Tabel 3.58 sampai Tabel 3.60.

Tabel 3. 58 Resume Uji Kecocokan Curah Hujan 1 (Satu) Harian Maksimum Tahunan

No.	Jenis Distribusi	Jenis Uji Kecocokan	
		Rata-rata % Error	Deviasi
1	Normal	7.83	10.83
2	Gumbel	4.57	5.53
3	Pearson III	8.89	10.79
4	Log Pearson III	11.35	13.61
Maksimum		11.35	13.61
Minimum		4.57	5.53

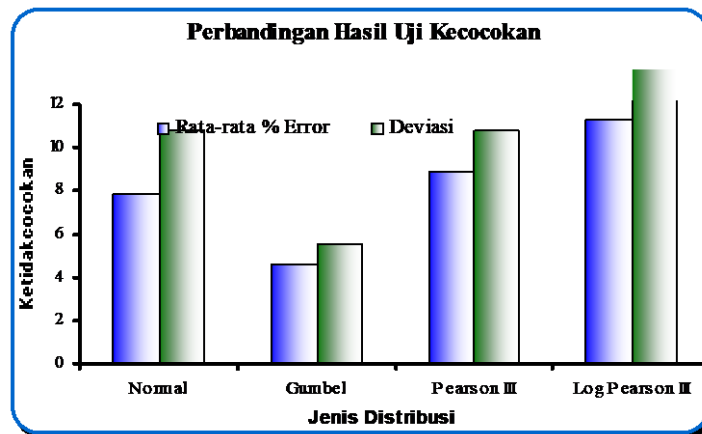
Tabel 3. 59 Resume Uji Kecocokan Curah Hujan 2 (Dua) Harian Maksimum Tahunan

No.	Jenis Distribusi	Jenis Uji Kecocokan	
		Rata-rata % Error	Deviasi
1	Normal	8.94	10.40
2	Gumbel	7.94	9.77
3	Pearson III	18.98	24.73
4	Log Pearson III	18.80	23.78
Maksimum		18.98	24.73
Minimum		7.94	9.77

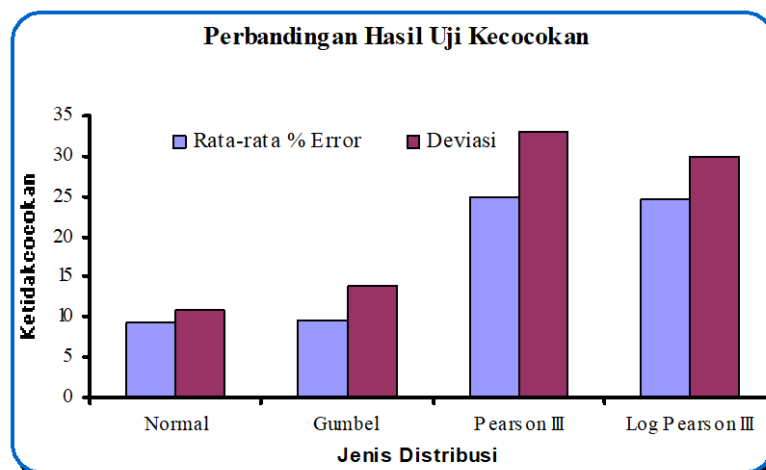
Tabel 3. 60 Resume Uji Kecocokan Curah Hujan 3 (Tiga) Harian Maksimum Tahunan

No.	Jenis Distribusi	Jenis Uji Kecocokan	
		Rata-rata % Error	Deviasi
1	Normal	9.34	10.84
2	Gumbel	9.66	13.86
3	Pearson III	25.04	32.96
4	Log Pearson III	24.65	30.00
Maksimum		25.04	32.96
Minimum		9.34	10.84

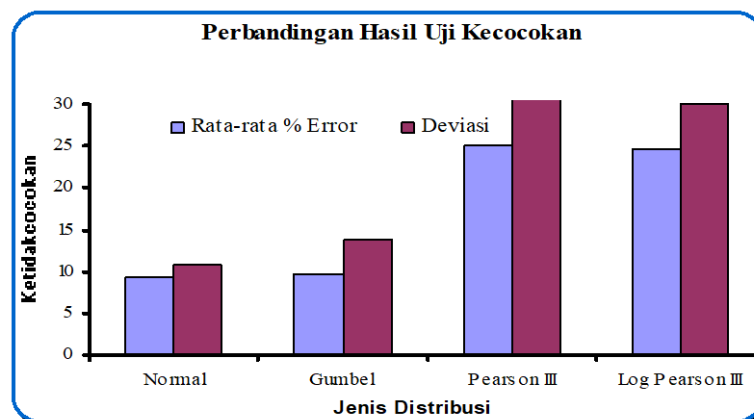
Dari tabel di atas dapat dijelaskan bahwa untuk uji kecocokan rata-rata presentase error dan deviasi, distribusi gumbel memiliki nilai kepercayaan erro relatif besar dan distribusi log pearson II memiliki nilai kepercayaan error relatif kecil. Sedangkan untuk uji kecocokan rata-rata presentase error dan deviasi, distribusi normal memiliki nilai kepercayaan erro relatif besar dan distribusi pearson III memiliki nilai kepercayaan erro relatif kecil. Untuk lebih jelas mengenai perbandingan hasil uji kecocokan dari berbagai distribusi dapat dilihat gambar dibawah.



Gambar 3. 18 Perbandingan Hasil Uji Kecocokan Curah Hujan 1 (Satu) Harian Maksimum Tahunan



Gambar 3. 19 Perbandingan Hasil Uji Kecocokan Curah Hujan 2 (Dua) Harian Maksimum Tahunan



Gambar 3. 20 Perbandingan Hasil Uji Kecocokan Curah Hujan 3 (Tiga) Harian Maksimum Tahunan

3.11 Rangkuman

Curah hujan akan berkaitan dengan jumlah atau volume air yang masuk ke daerah tersebut. Curah hujan tersebut akan dimanfaatkan untuk keperluan pemanfaatan lahan untuk usaha budidaya pertanian.

Pengelolaan air sangat diperlukan agar tidak terjadi banjir dan kekurangan air. Dari data hujan tersebut akan di analisa sehingga didapat gambaran jumlah air yang turun dari hujan, berapa yang efektif dimanfaatkan , dan kelebihan volume air yang ada pada lahan harus diusahakan di buang melalui sungai sekitarnya.

Dari perhitungan banjir, dengan metode rasional dan lainnya akan mendapatkan besaran debit banjir yang harus dikelola agar tidak membahayakan masyarakat dan tanaman, sehingga harus disesuaikan dengan pola tanam masyarakat petani.

3.12 Latihan

1. Dari Hasil analisa curah hujan pada suatu daerah, akan berkaitan dengan jumlah atau volume air yang masuk ke daerah tersebut. Untuk menghitung hujan rata-rata dari beberapa stasiun pengamatan hujan ada beberapa cara. Coba hitung curah hujan rata rata dari beberapa stasiun hujan dengan Metode:
 - a. Perhitungan rerata.
 - b. Thiesen
 - c. Isohiet

PENUTUP

A. Simpulan

Sungai merupakan tempat berkumpulnya air hasil dari curah hujan dalam suatu daerah pengaliran tertentu dan akan mengalirkan ke laut. Penentuan lokasi pengamatan harus memperhatikan kondisi sungai yang akan diamati terutama tentang aliran yang terjadi pada lokasi tersebut diusahakan beraliran beraliran mendekati laminar.

Mengingat permukaan air dan tekanan air mempunyai hubungan linier (jika gaya gelombang ditiadakan), maka perubahan permukaan air itu dapat diukur dengan alat pengukur tekanan yang diletakkan di dasar sungai.

Untuk mengukur kecepatan aliran permukaan digunakan sepotong kayu dengan diameter 15 sampai 30 cm, tebal 5 cm. Agar mudah dilihat, kayu itu dicat atau kadang-kadang pada malam hari dipasang bola lampu listrik yang kecil. Akan tetapi harga yang diteliti adalah sulit diketahui karena disebabkan oleh pengaruh angin atau perbandingan yang berubah-ubah dari kecepatan aliran permukaan terhadap kecepatan aliran rata-rata yang sesuai dengan keadaan sungai.

Curah hujan akan berkaitan dengan jumlah atau volume air yang masuk ke daerah tersebut. Curah hujan tersebut akan dimanfaatkan untuk keperluan pemanfaatan lahan untuk usaha budidaya pertanian.

Pengelolaan air sangat diperlukan agar tidak terjadi banjir dan kekurangan air. Dari data hujan tersebut akan di analisa sehingga didapat gambaran jumlah air yang turun dari hujan, berapa yang efektif dimanfaatkan dan kelebihan volume air yang ada pada lahan harus diusahakan di buang melalui sungai sekitarnya.

B. Tindak Lanjut

Sebagai tindak lanjut dari pelatihan ini, peserta diharapkan mengikuti kelas lanjutan untuk dapat memahami detail Pelatihan Pengukuran Lapangan Bidang SDA sehingga memiliki pemahaman yang komprehensif mengenai pelatihan yang dilaksanakan.

Selain itu, diharapkan Narasumber/Fasilitator bersama-sama dengan Peserta dan/atau secara sendiri membuat rangkuman atau simpulan dari pembelajaran, melakukan penilaian dan/atau refleksi terhadap kegiatan yang sudah dilaksanakan secara konsisten dan terprogram, memberikan umpan balik terhadap proses dan hasil pembelajaran, merencanakan kegiatan tindak lanjut dalam bentuk pembelajaran remedial, program pengayaan, layanan diskusi dan/atau memberikan tugas individual maupun kelompok sesuai dengan hasil belajar Peserta.

Diharapkan setelah memperoleh pembelajaran dari modul ini Peserta dapat melakukan pengayaan dengan materi yang berkaitan pengukuran hidrologi.

EVALUASI FORMATIF

Evaluasi formatif adalah evaluasi yang dilakukan diakhir pembahasan modul Pengukuran Hidrologi pada Pelatihan Pengukuran Lapangan Bidang SDA. Evaluasi ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pemahaman peserta pelatihan terhadap materi yang disampaikan dalam modul.

A. Soal

Anda diminta untuk memilih salah satu jawaban yang benar dari pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Jenis pelampung yaitu, kecuali ...
 - a. Jenis *Richard*
 - b. Jenis *Fuess*
 - c. Pembacaan langsung
 - d. Sumur Pengamatan
2. Peralatan yang mencatat perubahan permukaan air pada kertas pencatat yang dilingkarkan pada drum/silinder yang berputar yaitu ...
 - a. Jenis *Richard*
 - b. Jenis *Fuess*
 - c. Jenis Roll
 - d. Sumur Pengamatan
3. Yang bukan cara pengukuran debit dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut ...
 - a. Pengukuran debit dengan bendung.
 - b. Perhitungan debit dengan mengukur kecepatan aliran
 - c. Perhitungan luas penampang melintang
 - d. Dengan menggunakan pengukur arus non magnitis
4. Metode yang mengasumsikan bahwa besarnya kehilangan hujan dari jam ke jam adalah sama adalah ...
 - a. Metode Indeks
 - b. Metode Horton
 - c. Metode Harspers
 - d. Metode Melchior

B. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Untuk mengetahui tingkat penguasaan peserta pelatihan terhadap materi yang di paparkan dalam materi pokok, gunakan rumus berikut:

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan:

90 - 100 % : baik sekali

80 - 89 % : baik

70 - 79 % : cukup

< 70 % : kurang

Diharapkan dengan materi yang diberikan dalam modul ini, peserta dapat mengelaborasi dan memeriksa hasil pengukuran hidrologi. Proses berbagi dan diskusi dalam kelas dapat menjadi pengayaan akan materi pengukuran hidrologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Elizabeth M. Shaw, 1980 : Hydrology in Practice, Chapman and Hall, London.
- Linsley, R. K., M.A. Kohler, and J.L.H. Paulus 1982 : Hydrology for Engineers, 3d. Ed. Mc. Graw Hill, New York.
- Mutreja. K.M, 1990 : Applied Hydrology, Tata Mc. Graw Hill, New Delhi.
- Nemec, 1970 : Engineering Hydrology, Mc. Graw Hill, New York.
- Santosh, K.G., 1977 : Water Resources and Hidrology, Khana Pub. New Delhi.
- Schults, E.F., 1973 : Problem Applied Hydrology, Water Resources Publication,
- Seyhan, E., 1977 : Fundamental of Hydrology, Free University, The Netherland.
- Soewarno. 1991. *Hidrologi-Hidrometri*. Bandung: Penerbit Nova.
- Soewarno. 1998. *Hidrologi Operasional, Jilid 1 dan 2*. Naskah sedang dalam proses penerbitan.
- Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional ; - jilid I*. Bandung: Penerbit PT Citra Aditya Bakti.
- Varshney, R.S., 1974 : Engineering Hydrology, Nem Chand & Bros, Roorke.
- Victor Miguel Ponce, 1989 : Engineering Hydrology – Principles and Practices, Prentice Hall, New Jersey.
- Wilson, E.M., 1990 : Engineering Hydrology, The Macmillan Press. LTD.

GLOSARIUM

- Alat Duga Muka Air** : Alat pencatat perubahan tinggi muka air yang bekerja secara otomatis.
- Benchmark** : (Tolok ukur) teknik pengetesan dengan menggunakan suatu nilai standar.
- Daerah Tangkapan Air** : Suatu wilayah yang dibatasi oleh titik tertinggi dari pembatas topografi berupa punggung-punggung bukit atau gunung yang menampung dan menyimpan air hujan yang jatuh di atasnya dan mengalirkannya melalui aliran permukaan, anak sungai, dan sungai ke danau dan/atau ke laut.
- Papan Peilschaal** : Berupa papan meteran yang dipasang pada pinggir saluran, yang ditengah lahan tersebut dipasang alat ukur Piezometer.
- Peta Topografi** : Suatu peta yang memperlihatkan keadaan bentuk, penyebaran rona muka bumi dan dimensinya.
- Piezometer** : Suatu alat yang dibuat dengan maksud untuk membantu dalam rangka pengelolaan pemanfaatan air tanah dangkal untuk keperluan usaha budidaya bercocok tanam atau kebutuhan air diareal perakaran tanaman kebun atau lainnya.

KUNCI JAWABAN

Berikut ini merupakan kumpulan jawaban atau kata kunci dari setiap butir pertanyaan yang terdapat di dalam modul. Kunci jawaban ini diberikan dengan maksud agar peserta pelatihan dapat mengukur kemampuan diri sendiri.

Adapun kunci jawaban dari latihan-latihan dalam materi pokok adalah sebagai berikut:

Latihan Materi Pokok 1

1. Hal yang perlu disiapkan dalam pemilihan lokasi penempatan alat duga muka air adalah:
 - a. Pelajari jaringan pos hidrologi untuk mendapatkan gambaran pos duga air yang telah terpasang dan yang direncanakan.
 - b. Interpretasi pada peta topografi atau foto udara untuk menentukan rencana pos duga air secara tentatif.
 - c. Tentukan arah perjalanan agar dapat memperkirakan jenis peralatan, jenis sarana penunjang, jumlah tim, dan rencana anggaran biaya.
 - d. Dapatkan masukan yang berkaitan dengan rencana penempatan pos duga air di lapangan, yang dapat memenuhi persyaratan.
 - e. Buat geometri sungai dari muka air terendah sampai dua meter diatas muka air tertinggi, kemudian tentukan jenis pos duga air yang sesuai dengan data yang diinginkan.
 - f. Tentukan tipe bangunan dan ukuran bangunan pos duga air yang sesuai dengan ketentuan dan kondisi setempat.
2. Tujuan pemasangan Piezometer adalah:
 - a. Sebagai pengukur kedalaman air tanah pada lahan persawahan atau kebun.
 - b. Sebagai penanda keberadaan air di lahan persawahan khususnya pada bawah permukaan tanah.
 - c. Sebagai penanda cukup atau tidaknya kondisi air bawah permukaan untuk usaha bertanam padi-padian atau tanaman kebun.

Latihan Materi Pokok 2

1. Cara-cara pengukuran debit dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:
 - a. Pengukuran debit dengan bendung.
 - b. Perhitungan debit dengan mengukur kecepatan aliran dan luas penampang melintang (untuk pengukuran kecepatan digunakan pelampung atau pengukur arus dengan kincir).
 - c. Didapat dari kerapatan larutan obat.
 - d. Dengan menggunakan pengukur arus magnitis, pengukur arus gelombang supersonis, meter venturi dan seterusnya.
2. Pelampung permukaan: untuk mengukur kecepatan aliran permukaan digunakan sepotong kayu dengan diameter 15 sampai 30 cm, tebal 5 cm.

Evaluasi Formatif

1. C
2. B
3. D
4. A