

APLIKASI MODEL HEC-HMS
(Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System)
UNTUK ANALISA DEBIT di SUB DAS CLUNGUP

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

INDAH EKA FEBRIANY
NIM. 0610640044-64

KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010

LEMBAR PERSETUJUAN

APLIKASI MODEL HEC-HMS
(Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System)
UNTUK ANALISA DEBIT di SUB DAS CLUNGUP

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

INDAH EKA FEBRIANY
NIM. 0610640044-64

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing I

Ir. Ussy Andawayanti, MS
NIP. 19610131 198609 2 001

Dr. Ery Suhartanto, ST, MT
NIP. 19730305 199903 1 002



LEMBAR PENGESAHAN

APLIKASI MODEL HEC-HMS
(Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System)
UNTUK ANALISA DEBIT di SUB DAS CLUNGUP

S K R I P S I

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

INDAH EKA FEBRIANY
NIM. 0610640044-64

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 4 Maret 2010

Majelis Penguji :

Dosen Pembimbing dan Penguji

Dosen Pembimbing dan Penguji

Ir. Ussy Andawayanti, MS
NIP. 19610131 198609 2 001

Dr. Ery Suhartanto, ST, MT
NIP. 19730305 199903 1 002

Dosen Penguji

Dosen Penguji

Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara, M.Sc.
NIP. 19700721 200012 1 001

Runi Asmaranto, ST, MT
NIP. 19580502 198503 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Ir. Dwi Priyantoro, MS
NIP. 19580502 198503 1 001

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, petunjuk dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “**Aplikasi Model HEC HMS Untuk Analisa Debit di Sub DAS Clungup**”. Tidak lupa shalawat serta salam patut dihaturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi setiap umat manusia. Amin.

Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh mahasiswa Teknik Pengairan Universitas Brawijaya untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Skripsi ini, antara lain :

1. Kedua Orang Tua dan Saudara-saudaraku, terima kasih atas semangat dan perhatian serta dukungan material dan spiritual.
2. Ir. Ussy Andawayanti, MS. Dan DR. Ery Suhartanto, ST. MT selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar membimbing saya dalam proses pengerjaan Skripsi ini.
3. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini.

Dalam penyusunan laporan ini penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki sehingga saran dan kritik sangatlah diperlukan. Jika ada kelebihan dari laporan ini semata-mata datangnya dari Allah SWT dan jika ada kekurangan semata-mata datangnya dari penulis. Akhirnya, penulis ucapkan terima kasih dan semoga laporan ini bermanfaat Amin.

Wassalaammualaikum Wr.Wb.

Malang, Februari 2010

Penulis

Penulis dan kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi dengan judul "KASUS *Hydrologic Engineering Case "Hydrologic Modeling System" Studi Analisis Banjir Di Sub DAS Ilesitu*" untuk mendapatkan nilai yang salah satu persyaratan untuk lulus sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Penulis dan kami ini penulis juga ingin mengucapkan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini, antara lain :

1. Bapak dan Ibu tercinta yang telah berjuang dengan sabar dan doa yang menyempatkan untuk membesarkan membimbing dan mengarahkan demi masa depan saya dengan harapan dapat menjadi manusia yang berguna dan bermanfaat.
2. Bapak DR. Ery Suhartanto, ST, MT, selaku pembimbing I yang telah menyumbangkan tema/ide judul pada skripsi ini sekaligus memberikan waktu luang untuk membimbing jalannya pengerjaan skripsi ini sampai selesai.
3. Bapak Runi Asmaranto, ST, MT, selaku pembimbing II yang telah memberikan pengarahan penulisan dalam jalannya penyusunan skripsi.
4. Pihak-pihak terkait lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungan baik melalui lisan sebagai sumber inspirasi, ide maupun saran yang membantu dalam pengembangan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

Akhir kata dari penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan masalah	2
1.4. Rumusan masalah	3
1.5. Tujuan dan Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Hidrologi dan Pengelolaan DAS	4
2.1.1. Daur Hidrologi	4
2.1.2. Pengelolaan DAS	5
2.2. Analisa Hidrologi	5
2.2.1. Uji Konsistensi Data	5
2.2.2. Curah Hujan Rerata Daerah (<i>Areal Rainfall</i>)	6
2.2.3. Curah Hujan Rancangan	7
2.2.4. Uji Kesesuaian Distribusi	11
2.2.4.1. Uji <i>Chi Square</i>	11
2.2.4.2. Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i>	12
2.3. Analisa Debit Banjir Rancangan	13
2.3.1. Metode Rasional Modifikasi	14
2.3.1.1. Intensitas Hujan	14
2.3.1.2. Waktu Konsentrasi (<i>T_c</i>)	15
2.3.1.3. Koefisien Tampungan	16
2.3.1.4. Koefisien Pengaliran	16
2.3.1.5. Hujan Efektif	18
2.3.2. Metode HSS Synder	18
2.3.2.1. Penelusuran Banjir (<i>flood routing</i>)	19
2.4. Metode FJ.Mock	20
2.4.1 Prosedur Perhitungan	21

2.5. Sistem Informasi Geografis (SIG)	21
2.5.1. Definisi Sistem Informasi Geografis (SIG)	21
2.5.2. Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG)	22
2.5.3. Pengolahan Data dengan SIG	23
2.5.3.1. Pemasukan Data	23
2.5.3.2. Model Permukaan Digital	23
2.5.3.3. Pemodelan Daerah Aliran Sungai	24
2.6. Limpasan Permukaan	28
2.6.1. SCS Curve Number	28
2.7. Metode Perhitungan AVSWAT	30
2.7.1. Limpasan Permukaan	30
2.7.2. Debit Puncak	31
2.7.3. Waktu Konsentrasi	31
2.7.4. Modifikasi Metode Rasional	33
2.6. Limpasan Permukaan	34
2.8.1. Definisi HEC-HMS 3.2	34
2.8.2. Komponen HEC-HMS 3.2	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Lokasi studi	44
3.2. Data- data yang Diperlukan	45
3.3. Langkah-langkah Studi	45
3.3.1. Pengolahan Data dengan ArcView-GIS	45
3.3.2. Pengolahan Data dengan HEC-HMS	48
3.4. Langkah-langkah Penelitian	50
3.5. Langkah-langkah Penelitian	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Tahapan Pengolaan Data	52
4.1.1. Uji Kualitas Data	52
4.1.1.1 Data . Curah Hujan	52
4.1.1.2. Curah Hujan Harian Maksimum	52
4.1.1.3. Analisa Curah Hujan Rancangan	53
4.1.1.4. Uji Kesesuaian Distribusi	55

4.1.1.4.1. Uji Chi Square	55
4.1.1.4.2. Uji Smirnov Kolmogorof	57
4.2. Analisa Debit Banjir Rancangan	58
4.2.1. . Metode Rasional Modifikasi	58
4.2.1.1. Intensitas Hujan	59
4.2.1.2. Waktu Konsentrasi (Tc)	59
4.2.1.3. Koefisien Tampungan (Cs)	60
4.2.1.4. Koefisien Limpasan (C)	61
4.2.2. . Analisa Frekuensi Dta Debit di SungaiClugup	72
4.2.2.1 Kesesuaian Distribusi	74
4.2.2.1.1 Uji Ci Square	74
4.3. Persiapan Pengolahan data input pemodelan HEC-HMS	75
4.3.1. Penentuan Batas DAS	75
4.3.2 Data Input HEC-HMS 3.2.	81
4.3.2.1 Creating Project	81
4.3.2.2. Basin Model Attributes	81
4.3.2.3 Input Data Meteorologi Model	82
4.3.2.4. Input Data Hujan	83
4.3.2.5. Parameterisasi Basin Model	84
4.3.2.6. Pengolahan Tata Guna Lahan	88
4.4. Hasil Pemodelan HEC-HMS 3.2.	93
4.5. Teknik Kalibrasi	95
4.5.1. Kalibrasi Aliran atau Debit Model HEC-HMS	95
4.5.1.1. Perhitungan Mock DAS Lesti	96
4.5.1.2. Perhitungan Mock DAS Clungup	100
4.5.2 Perbandingan Debit HEC-HMS 3.2. dengan FJ Mock	111
4.5.2.1. Uji Konsistensi Hasil Simulasi	115
4.5.2.2.1. Metode Regresi (R)	121
4.5.2.2. Pengujian Nilai Rata-rata	125
4.5.2.2.1. Uji T	126
4.5.2.2.2. Uji F	136
BAB V KESIMPULAN	
5.1. Kesimpulan	151
5.2. Saran	152

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Syarat Pemilihan Metode Frekuensi	7
Tabel 2.2	Nilai Cs Negatif distribusi Log Pearson type III	9
Tabel 2.3	Nilai Cs Positif distribusi Log Pearson type III	10
Tabel 2.4	Harga untuk Chi-Square Test	12
Tabel 2.5	Nilai Δ Kritis untuk Uji Smirnov Kolmogorof	13
Tabel 2.6	Nilai Koefisien Pengaliran	17
Tabel 2.7	Bilangan CN pada tanah pertanian yang ditanami	29
Tabel 2.8	Bilangan CN pada tanah pertanian yang lain	30
Tabel 4.1	Curah Hujan Harian Maksimum DAS Clungup	52
Tabel 4.2	Perhitungan distribusi log pearson tipe III	54
Tabel 4.3	Perhitungan Hujan Rancangan dengan berbagai kala ulang,	54
Tabel 4.4	Perhitungan Uji Distribusi <i>Chi Square</i> (χ^2)	56
Tabel 4.5	Keputusan Uji Chi Square	56
Tabel 4.6	Uji <i>Smirnov Kolmogorof</i>	57
Tabel 4.7	Keputusan Uji <i>Smirnov Kolmogorof</i>	58
Tabel 4.8	Intensitas hujan tiap Sub-sub Das Clungup	59
Tabel 4.9	Perhitungan Koefisien Tampungan	60
Tabel 4.10	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup I	61
Tabel 4.11	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup II	61
Tabel 4.12	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup III	61
Tabel 4.13	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup IV	62
Tabel 4.14	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup V	62
Tabel 4.15	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup VI	62
Tabel 4.16	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup VII	63
Tabel 4.17	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup VIII	63
Tabel 4.18	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup IX	64
Tabel 4.19	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup X	64
Tabel 4.20	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup XI	65
Tabel 4.21	Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup XII	66
Tabel 4.22	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup I	67

Tabel 4.23	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup II	67
Tabel 4.24	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup III	68
Tabel 4.25	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup IV	68
Tabel 4.26	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup V	68
Tabel 4.27	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup VI	69
Tabel 4.28	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup VII	69
Tabel 4.29	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup VIII	70
Tabel 4.30	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup IX	70
Tabel 4.31	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup X	71
Tabel 4.32	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup XI	71
Tabel 4.33	Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi sub DAS Clungup XII	72
Tabel 4.34	Data debit maksimum tahunan	73
Tabel 4.35	Analisis Frekuensi Debit Banjir Rancangan	73
Tabel 4.36	Perhitungan debit banjir rancangan dengan berbagai kala ulang	73
Tabel 4.37	Perhitungan curah hujan untuk masing-masing kelas	74
Tabel 4.38	Perhitungan <i>Chi-Square</i>	74
Tabel 4.39	Keputusan <i>Chi-square</i>	74
Tabel 4.40.	Rekapitulasi Parameter yang Berpengaruh	87
Tabel 4.41	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup I	88
Tabel 4.42	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup II	88
Tabel 4.43	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup III	89
Tabel 4.44	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup IV	89
Tabel 4.45	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup V	89

Tabel 4.46	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup VI	90
Tabel 4.47	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup VII	90
Tabel 4.48	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup VIII	91
Tabel 4.49	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup IX	91
Tabel 4.50	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup X	92
Tabel 4.51	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup XI	92
Tabel 4.52	Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup XII	93
Tabel 4.53	Rekapitulasi Debit Banjir terhadap kala ulang Rasional Modifikasi	94
Tabel 4.54	Parameter yang berpengaruh dalam HEC-HMS	96
Tabel 4.55	Perhitungan Perbandingan Debit AWLR dan FJ Mock	96
Tabel 4.56	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 1999	100
Tabel 4.57	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 2000	101
Tabel 4.58	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 2001	102
Tabel 4.59	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 2002	103
Tabel 4.60	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 2003	104
Tabel 4.61	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 2004	105
Tabel 4.62	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 2005	106
Tabel 4.63	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 2006	107
Tabel 4.64	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 2007	108
Tabel 4.65	Perhitungan FJ Mock DAS Clungup tahun 2008	109
Tabel 4.66	Rekapitulasi perhitungan debit FJ Mock	110
Tabel 4.67	Perhitungan Q80 dengan FJ Mock	110
Tabel 4.68.	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 1999	111
Tabel 4.69.	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 2000	112
Tabel 4.70	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 2001	113
Tabel 4.71.	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 2002	114
Tabel 4.72	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 2003	115
Tabel 4.73.	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 2004	116
Tabel 4.74	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 2005	117
Tabel 4.75	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 2006	118
Tabel 4.76	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 2007	119
Tabel 4.77	Hasil kalibrasi debit HEC-HMS Pada Tahun 2008	120
Tabel 4.78	Rekapitulasi Koefisien Korelasi	121

Tabel 4.79	Uji t Debit Sesudah Kalibrasi tahun 1999-2008	127
Tabel 4.80	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 1999	129
Tabel 4.81	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 2000	130
Tabel 4.82	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 2001	131
Tabel 4.83	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 2002	131
Tabel 4.84	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 2003	132
Tabel 4.85	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 2004	133
Tabel 4.86	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 2005	133
Tabel 4.87	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 2006	134
Tabel 4.88	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 2007	135
Tabel 4.89	Uji t Debit sesudah Kalibrasi tahun 2008	135
Tabel 4.90	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 1999	138
Tabel 4.91	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2000	139
Tabel 4.92	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2001	140
Tabel 4.93	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2002	141
Tabel 4.94	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2003	142
Tabel 4.95.	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2004	143
Tabel 4.96.	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2005	144
Tabel 4.97.	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2006	145
Tabel 4.98.	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2007	146
Tabel 4.99.	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2008	147
Tabel 4.100	Uji Homoginitas Debit Sesudah Kalibrasi 1999-2008	148
Tabel 4.101	Variasi debit rata-rata Antar Sumber	149

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Daur Hidrologi	4
Gambar 2.2	Lengkung Massa Ganda	6
Gambar 2.3	Hidrograf Rancangan Metode Rasional Modifikasi	14
Gambar 2.4	Komponen <i>Sistem Informasi Geografis</i>	23
Gambar 2.5	Tipe Model <i>Digital Elevation Model</i>	24
Gambar 2.6	Penentuan arah aliran pada grid DEM	25
Gambar 2.7	Penentuan akumulasi aliran (flow accumulation)	26
Gambar 2.8	Penentuan Jaringan Sungai	27
Gambar 2.9	Contoh DAS dari Suatu DEM	27
Gambar 2.10	Grafik Hubungan Limpasan Permukaan dan Curah Hujan untuk Menentukan Nilai CN .	32
Gambar 2.11	Tool menu membuka HEC –HMS 3.2.	35
Gambar 2.12	Tampilan Windows HEC-HMS 3.2	35
Gambar 2.13	Tampilan Hasil Basin Model	36
Gambar 2.14	Tampilan Meteorologic Model	40
Gambar 4.1.	Tampilan peta dengan indeks 1607-42 Sitiarjo	75
Gambar 4.2.	Tampilan proses editng	76
Gambar 4.3.	Tampilan CAD2Shape	76
Gambar 4.4.	Tampilan DEM dalam format TIN	78
Gambar 4.5	Tampilan DEM dalam format grid	78
Gambar 4.6	Tampilan hasil pendefinisian sungai dan outlet	79
Gambar 4.7.	Tampilan hasil pendefinisian batas DAS dan Sub DAS	80
Gambar 4.8.	Tampilan pada HEC-HMS 3.2	81
Gambar 4.9.	Tampilan hasil import map file batas DAS Clungup	82
Gambar 4.10.	Tampilan pada <i>Meteorologic Model</i>	82
Gambar 4.11.	Tampilan pada <i>Precipitation Gages</i> stasiun hujan yang bersangkutan	83
Gambar 4.12.	Tampilan Pada input data pada <i>Precipitation Gages</i>	84
Gambar 4.13.	Grafik Debit HEC-HMS tahun 1999-2008	94
Gambar 4.14	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 1999	111

Gambar 4.15	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 2000	112
Gambar 4.16	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 2001	113
Gambar 4.17	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 2002	114
Gambar 4.18	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 2003	115
Gambar 4.19	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 2004	116
Gambar 4.20	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 2005	117
Gambar 4.21	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 2006	118
Gambar 4.22	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 2007	119
Gambar 4.23	Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow DAS Clungup Tahun 2008	120
Gambar 4.24	Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 1999	121
Gambar 4.25	Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 2000	122
Gambar 4.26	Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 2001	122
Gambar 4.27	Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 2002	122
Gambar 4.28	Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 2003	123
Gambar 4.29	Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 2004	123
Gambar 4.30	Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 2005	123
Gambar 4.31	Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 2006	124

- Gambar 4.32 Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 2007 124
- Gambar 4.33 Grafik Penyimpangan debit sesudah dikalibrasi untuk tahun 2008 124



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Permasalahan sumberdaya air saat ini sudah menjadi suatu permasalahan yang sangat penting di berbagai wilayah Indonesia, khususnya pulau Jawa. Kebutuhan sumberdaya air yang terus meningkat tidak dapat diimbangi oleh siklus air yang relatif tetap, sehingga hal itu menimbulkan perubahan lahan akibat tekanan aktifitas dari penduduk. Akibat dari aktifitas penduduk hutan-hutan ataupun daerah hijau lainnya kini semakin sempit dan berubah wujud menjadi daerah-daerah hunian maupun daerah komersil, sehingga berbagai wilayah pada musim hujan selalu menjadi banjir, sedangkan pada saat musim kemarau daerah yang sama mengalami kekeringan.

Akibat dari keadaan ini adalah, air hujan yang turun akan langsung melimpas tanpa mampu untuk meresap ke dalam tanah terlebih dahulu akibat tidak adanya tanaman yang mampu membantu terjadinya proses peresapan. Air hujan yang melimpas akan langsung meluncur menuju daerah rendah yang pada akhirnya akan tertampung di sungai. Apabila tata guna lahan tidak ditata dengan baik, maka debit limpasan air hujan ini akan semakin besar dari tahun ke tahun. Hal ini akan mengakibatkan tidak mampunya sungai untuk menampung debit limpasan yang semakin besar ini. Pada akhirnya, banjir tidak dapat terelakkan lagi akibat meluapnya sungai.

Keadaan yang demikian ini diperparah dengan kebijakan pemerintah dalam hal penataan tata ruang yang kurang memperhatikan pentingnya daerah hijau ini. Mereka hanya membangun bangunan dan gedung-gedung tanpa adanya pertimbangan terhadap lingkungan hidup yang secara matang.

Melihat kebijakan pemerintah dalam hal penataan ruang yang kurang memperhatikan pentingnya daerah hijau serta permasalahan sumber daya air yang ada diperlukan sebuah kajian dalam kegiatan penanganan banjir mengingat kerugian yang diakibatkan banjir sangat besar. Kajian ini akan memiliki hasil yang lebih baik dengan menerapkan suatu teknologi yang dapat memprediksi dan memetakan daerah rawan banjir. Teknologi tersebut merupakan suatu model hidrologi yang selalu mengaju pada konsep siklus hidrologi serta berbasiskan sistem informasi geografis (GIS).

1.2. Identifikasi Masalah

Banjir yang terjadi pada wilayah Indonesia disebabkan karena berkurangnya luas daerah resapan air akibat perubahan tata guna lahan yang tidak terencana dan terpola dengan baik serta tidak berwawasan lingkungan, sehingga akibat dari perubahan tata guna lahan itu mengakibatkan bertambahnya volume debit banjir rancangan yang terjadi pada suatu daerah. Debit banjir dengan kala ulang tertentu yang telah diperkirakan sebelumnya, tidak menutup kemungkinan untuk berubah menjadi lebih besar akibat limpasan yang semakin besar pula. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dipandang perlu adanya suatu pengelolaan sumber daya air yang sesuai dengan karakteristik daerah aliran sungai di Indonesia.

Dari permasalahan di atas dan adanya tuntutan kebutuhan yang seringkali menginginkan sajian yang praktis dan relatif akurat dipandang perlu mengadakan penelitian guna mengatasi masalah tersebut. Selain itu juga diperlukan suatu pemikiran yang berguna untuk memberikan rekomendasi penyelesaian melalui analisis model hidrologi yang selalu mengacu pada konsep siklus hidrologi. Saat ini kebutuhan teknik pemodelan hidrologi semakin meningkat yaitu suatu teknik pemodelan hidrologi yang mampu mengevaluasi dengan cepat serta mampu menduga dampak hidrologi dari perubahan-perubahan yang mungkin terjadi, baik secara alami maupun buatan manusia pada penggunaan lahan.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan pada studi ini, maka perlu dibatasi permasalahannya. Adapun batasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Lokasi studi adalah Sub DAS Clungup Kabupaten Malang.
2. Metode simulasi yang digunakan adalah program HEC-HMS 3.2 (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System) menggunakan basis *software ArcView GIS 3.2*.
3. Perhitungan debit banjir menggunakan metode Rasional Modifikasi.
4. Sebagai pengontrol kesahihan model diadakan pengujian berdasarkan data debit dari perhitungan FJ Mock.
5. Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan dianggap umum dan sudah teruji kebenarannya.
6. Tidak membahas pendugaan laju erosi dan sedimentasi.
7. Tidak membahas analisa AMDAL.

1.4. Rumusan Masalah

Dari permasalahan di atas, maka pada studi ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapakah besarnya debit banjir di Sub DAS Clungup berdasarkan data hujan dengan menggunakan HEC-HMS 3.2?
2. Bagaimanakah kesahihan model dengan pengujian berdasarkan debit pada perhitungan FJ. Mock?
3. Pada kala ulang berapa banjir historis yang pernah terjadi dan pada tahun berapa?
4. Parameter apa saja yang berpengaruh terhadap analisa debit pada Sub DAS Clungup?

1.5. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari studi ini adalah :

1. Untuk mengetahui besarnya debit banjir di Sub DAS Clungup menggunakan HEC-HMS 3.2 (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System*)
2. Untuk mengetahui kesahihan model dengan pengujian berdasarkan data debit pada perhitungan FJ Mock
3. Untuk mengetahui kala ulang dan tahun terjadi banjir historis.
4. Untuk mengetahui pengaruh pasang surut terhadap debit pada Sub DAS Clungup

Adapun manfaat dari studi ini adalah :

1. Mengimplementasikan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan program HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System*)
2. Sebagai bahan pembandingan bagi instansi terkait dalam penyusunan sistem perencanaan pengendalian banjir dan pengelolaan DAS yang terpadu di daerah studi dan daerah lain pada umumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

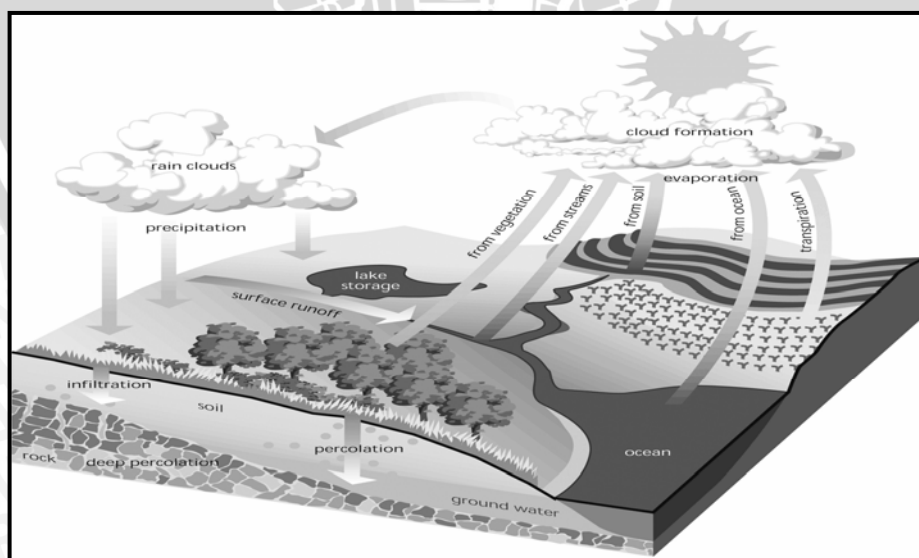
2.1. Hidrologi dan Pengelolaan DAS

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) pada, dalam, dan diatas permukaan tanah. Termasuknya di dalamnya adalah penyebaran, daur, dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri. Sedangkan hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) sendiri adalah cabang dari ilmu hidrologi itu sendiri, yang mempelajari pengaruh pengelolaan vegetasi dan lahan di daerah tangkapan air bagian hulu (*upper catchment*) terhadap daur air, termasuk pengaruhnya terhadap erosi, kualitas air, banjir, dan iklim di daerah hulu dan hilir (Asdak, 2004 : 4).

2.1.1. Daur Hidrologi

Daur atau siklus hidrologi yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan tertahan sementara di sungai, danau atau waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya (Asdak, 2004:7).

Untuk mengetahui lebih jelas tentang daur hidrologi secara alamiah ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Daur Hidrologi
Sumber : Asdak, 2004 : 9

2.1.2. Pengelolaan DAS

DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2004 : 4). Pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat manipulasi sumber daya alam dan manusia yang terdapat di daerah aliran sungai untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya air dan tanah. Termasuk dalam pengelolaan DAS adalah identifikasi keterkaitan antara tata guna lahan, tanah dan air, serta keterkaitan antara daerah hulu dan hilir suatu DAS (Asdak, 2004:5). Pengelolaan DAS bertumpu pada aktivitas yang berdimensi biofisik seperti pengendalian erosi, penghutanan kembali lahan-lahan kritis, serta berdimensi regulasi atau kelembagaan seperti peraturan-peraturan yang berkaitan dengan bidang ekonomi.

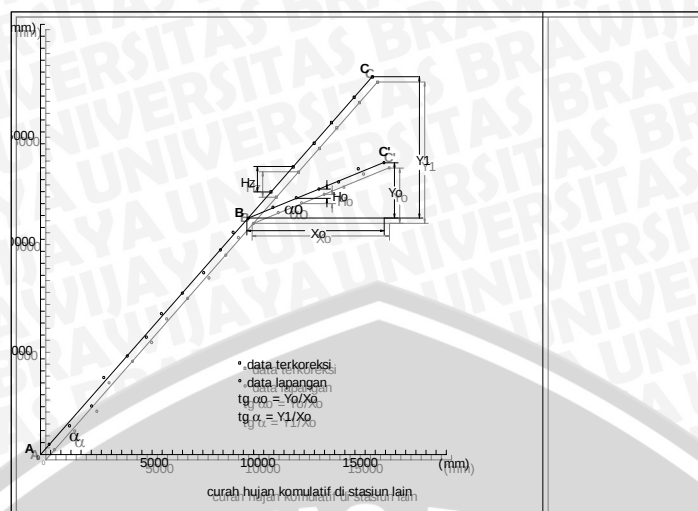
Untuk tercapainya pembangunan DAS yang berkelanjutan, diperlukan penyatuan kegiatan pembangunan ekonomi dan perlingungan lingkungan secara realistis melalui penyesuaian kegiatan pengelolaan DAS dan konservasi daerah hulu ke dalam kenyataan ekonomi dan sosial (Asdak, 2004:538).

2.2. Analisa Hidrologi

Dalam proses hidrologi, hujan merupakan komponen masukan penting yang akan digunakan sebagai pendekatan dalam mengestimasi besar debit banjir yang terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS).

2.2.1. Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau pengukuran, data tersebut harus benar-benar menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan (harus konsisten) (Soewarno, 1995:23). Kurva massa ganda adalah salah satu metode grafis untuk alat identifikasi atau untuk menguji konsistensi dan kesamaan jenis data hidrologi dari suatu pos hidrologi (Soewarno, 1995:28). Dengan cara membandingkan curah hujan kumulatif tahunan dari stasiun yang diuji dengan kumulatif curah hujan tahunan rerata beberapa stasiun pada waktu yang bersesuaian, kemudian diplotkan pada kurva.



Gambar 2.2 Lengkung Massa Ganda

Sumber : Soemarto, 1987:39

Bila tidak ada perubahan terhadap lingkungan maka akan diperoleh garis ABC. Tetapi karena pada tahun tertentu terjadi perubahan lingkungan maka didapat garis patah ABC'. Apabila terjadi penyimpangan (ABC'), maka dikoreksi dengan rumus (Nemec, 1973:179):

$$BC = \left(\frac{tg \alpha_0}{tg \alpha} \right) \cdot BC' \dots\dots\dots (2-1)$$

Dengan : BC = data hujan hasil perbaikan (mm)
 BC' = data hujan hasil pengamatan (mm)
 Tg α_0 = kemiringan sebelum ada perubahan
 Tg α = kemiringan setelah ada perubahan

2.2.2. Curah Hujan Rerata Daerah (Areal Rainfall)

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau curah hujan daerah yang dinyatakan dalam satuan milimeter (Sosrodarsono, 2003:27). Secara umum terdapat tiga metode untuk menentukan tinggi curah hujan rerata pada daerah tertentu di beberapa titik pos penakar atau pencatat hujan, yaitu

1. Metode rata-rata aljabar
2. Metode poligon Thiessen
3. Metode garis isohyet

2.2.3. Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan maksimum adalah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan periode kala ulang tertentu. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam menghitung besarnya curah hujan rancangan pada suatu daerah tertentu, antara lain distribusi *Gumbel*, *Gamma*, *Log Normal*, *Log Pearson Type III*, *Hazen*, dan lain-lain.

Untuk menentukan metode yang sesuai, maka terlebih dahulu harus dihitung besarnya parameter-parameter statistik seperti koefisien C_s (koefisien kepengcengan) dan C_k (koefisien puncak). Persamaan yang digunakan adalah :

$$C_s = \frac{n \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots (2-2)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots (2-3)$$

dengan :

C_s = skewness / kepengcengan

C_k = kurtosis / koefisien puncak

S = simpangan baku

n = jumlah data

Hasil perhitungan C_s dan C_k tersebut kemudian disesuaikan dengan syarat pemilihan metode frekuensi pada tabel berikut ini:

Tabel 2.1. Syarat Pemilihan Metode Frekuensi

Metode	C_k	C_s
Gumbel	<5,4002	1,196
Log Pearson Tipe III	bebas	Bebas
Normal	3,0	0

Sumber : Sri Harto, 1993 : 245

Apabila harga C_s dan C_k tidak memenuhi distribusi Gumbel, maka digunakan metode Log Pearson Type III, karena metode ini dapat dipakai untuk semua sebaran data. Pada studi ini perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Log Pearson Type III, dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995:143) :

$$\log X = \log \bar{X} + G \cdot S \dots\dots\dots (2-4)$$

dengan :

$\log X$ = nilai logaritma curah hujan rancangan

$\log \bar{X}$ = nilai rata-rata logaritma dari curah hujan maksimum tahunan

S = nilai deviasi standar

G = merupakan konstanta yang didapatkan dari tabel Log Pearson Type III dari hubungan antara C_s dan periode ulang (T)

Prosedur untuk menghitung curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson Type III adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan harian maksimum tahunan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ diubah dalam bentuk logaritma ($\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$)

2. Menghitung nilai logaritma rata-rata dengan rumus :

$$\log \bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \log X_i \quad \dots\dots\dots (2-5)$$

dengan:

n = jumlah data

3. Menghitung nilai standar deviasi dari log X, dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad \dots\dots\dots (2-6)$$

4. Menghitung nilai Koefisien kepengcengan (C_s), dengan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3} \quad \dots\dots\dots (2-7)$$

5. Menghitung logaritma curah hujan dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus sebagai berikut :

$$\log X = \log \bar{X} + k \cdot S_d \quad \dots\dots\dots (2-8)$$

Harga-harga k dapat dilihat dari Tabel 2.3. dan 2.4. dengan tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai C_s -nya

6. Mencari anti log X untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan waktu balik yang dikehendaki.

Tabel 2.2. Nilai Cs Negatif distribusi Log Pearson Type III

Cs	Kala Ulang										
	1.010	1.052	1.111	1.25	2	5	10	25	50	100	200
	Kemungkinan Terjadinya (%)										
	99.00	95.00	90.00	80.00	50.00	20.00	10.00	4.00	2.00	1.00	0.50
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	-3.087	-1.894	-1.341	-0.745	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	-3.149	-1.190	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	-3.211	-1.925	-1.339	-0.719	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	-3.330	-1.951	-1.333	-0.690	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.318	1.351
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.875	0.245	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	-3.444	-1.972	-1.324	-0.660	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	-3.553	-1.989	-1.310	-0.627	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	-3.656	-2.001	-1.294	-0.592	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	-3.753	-2.009	-1.274	-0.555	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	-3.800	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	-3.845	-2.012	-1.290	-0.518	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	-3.889	-2.013	-1.233	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	-3.932	-2.012	-1.224	-0.479	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	-3.973	-2.010	-1.210	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	-4.013	-2.007	-1.195	-0.440	0.330	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.390	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

Sumber: CD Soemarto, 1987 : 246

Tabel 2.3. Nilai Cs positif distribusi Log Pearson Type III

Cs	Kala Ulang										
	1.010	1.052	1.111	1.25	2	5	10	25	50	100	200
	Kemungkinan Terjadinya (%)										
	99.00	95.00	90.00	80.00	50.00	20.00	10.00	4.00	2.00	1.00	0.50
0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.2	-2.175	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.006	2.585	3.087	3.575
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.3	-1.388	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.4	-1.318	-1.163	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.454
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.7	-0.740	-0.736	-0.720	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.097	3.932	4.783
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970

Sumber: CD Soemarto, 1987 : 245

2.2.4. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi digunakan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak untuk serangkaian data yang tersedia.

2.2.4.1. Uji *Chi Square*

Uji *Chi Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dan distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 yang dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995:194) :

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2-9)$$

dengan :

χ_h^2 = Parameter *Chi Square* terhitung

G = Jumlah sub grup

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub grup ke i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub grup ke i

Adapun langkah-langkah perhitungan dari uji *Chi Square* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995:194) :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal empat data pengamatan.
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
5. Tiap-tiap sub grup hitung nilai :

$$(O_i - E_i) \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

6. Jumlah seluruh G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai *Chi Square* hitung.

7. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - I$

8. Menentukan χ^2 dari tabel dengan menentukan derajat kepercayaan (α) dan derajat kebebasan (dk)

9. Menyimpulkan hasil perhitungan, apabila nilai $\chi^2_{\text{hit}} < \chi^2_{\text{cr}}$, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima, dan apabila nilai $\chi^2_{\text{hit}} > \chi^2_{\text{cr}}$, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

Tabel 2.4. Harga untuk Chi Square Test

dk	α derajat kepercayaan				
	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
1	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
5	7.289	9.236	11.070	15.086	20.517
6	8.558	10.645	12.592	16.812	22.457
7	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	11.030	13.362	15.507	20.090	26.125
9	12.242	14.684	16.919	21.666	27.877
10	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	19.311	22.307	24.996	30.578	37.697
16	20.465	23.524	26.296	32.000	39.252
17	21.615	24.769	27.587	33.409	40.790
18	22.760	25.989	28.869	34.805	42.312
19	23.900	27.204	30.144	36.191	43.820
20	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315

Sumber : Soewarno, 1991:223

2.2.4.2. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji *Smirnov Kolmogorov* digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut Δ_{maks} . Prosedur perhitungan uji *Smirnov Kolmogorov* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995:198) :

1. Data diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung peluang empiris (Pe) dengan rumus Weibull (Soewarno, 1995 : 114) :

$$Pe = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots(2-10)$$

dengan :

Pe = Peluang empiris

m = Nomor urut data

n = Banyaknya data

3. Menghitung peluang teoritis (P_t) dengan rumus :

$$P_t = 1 - P_r \dots\dots\dots (2-11)$$

dengan : P_r = probabilitas yang terjadi

4. Menghitung simpangan maksimum (Δ_{maks}) dengan rumus :

$$\Delta_{maks} = |P_t - P_e| \dots\dots\dots (2-12)$$

5. Menentukan nilai Δ_{tabel}

6. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{tabel}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, dan apabila $\Delta_{maks} > \Delta_{tabel}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Nilai Δ kritis untuk uji *Smirnov Kolmogorov* dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Nilai Δ Kritis untuk Uji *Smirnov Kolmogorov*

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

Sumber : Bonnier dalam Soewarno, 1995

2.3. Analisa Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan adalah debit banjir terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan terjadi kala ulang tertentu, atau debit dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Untuk menganalisa debit banjir rancangan dapat dilakukan dengan menggunakan metode hidrograf yang dilakukan dengan menggunakan bantuan model hidrograf satuan sintesis dan metode non hidrograf yang dilakukan dengan bantuan teknik analisis frekuensi yang memerlukan ketersediaan data debit tahunan pada lokasi yang dikaji.

2.3.1. Metode Rasional Modifikasi

Metode Rasional Modifikasi merupakan pengembangan dari metode Rasional, dimana waktu konsentrasi curah hujan yang terjadi lebih lama. Metode Rasional Modifikasi mempertimbangkan pengaruh tampungan dalam memperkirakan debit puncak limpasan. Metode ini sudah dikembangkan sehingga konsep metode Rasional dapat digunakan dalam pembuatan hidrograf untuk perancangan tampungan pada daerah aliran seluas 20 atau 30 Ha.

Rumus Metode Rasional Modifikasi dalam menentukan debit puncak, adalah sebagai berikut (Lewis. K.V, 1975 : 9) :

$$Q = 0,278.C_s. C. I. A \dots\dots\dots(2-13)$$

dengan :

Q = Debit puncak dengan kala ulang tertentu (m^3/det)

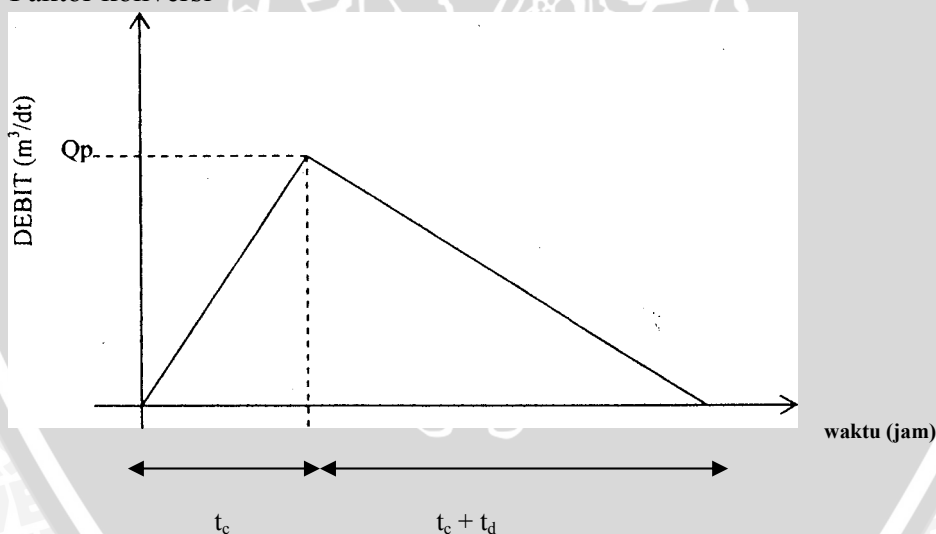
I = Intensitas hujan rata-rata dalam t jam (mm/jam)

C = Koefisien limpasan

A = Luas daerah pengaliran (km^2)

C_s = Koefisien tampungan

0,278 = Faktor konversi



Gambar 2.3 Hidrograf Rancangan Metode Rasional Modifikasi

Sumber : Lewis et all., 1975 : 12

2.3.1.1 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam . Dalam studi ini, rumus empiris untuk menghitung intensitas hujan dalam menentukan debit puncak dengan metode Rasional Modifikasi, digunakan rumus Mononobe (Sosrodarsono, 2003:32) :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{7} \right)^m \dots\dots\dots (2-14)$$

14)

dengan :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

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

t = Waktu konsentrasi (jam)

m = Konstanta

2.3.1.2 Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari hulu DAS sampai titik pengamatan aliran air (*outlet*). Dalam metode Rasional Modifikasi, untuk menentukan waktu konsentrasi menggunakan rumus berikut, (Lewis. K. V, 1975:9) :

$$T_c = T_0 + T_d \dots\dots\dots (2-15)$$

dengan :

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

T_0 = *Overland flow time* atau waktu yang dibutuhkan limpasan (*run off*) untuk mengalir melalui permukaan tanah ke *outlet* terdekat.

T_0 dapat dihitung dengan rumus berikut, (Suripin, 2004:82) :

$$T_0 = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot Lx \cdot \frac{n}{\sqrt{S}} \cdot \frac{1}{60} \right] \dots\dots\dots (2-16)$$

dengan :

T_0 = *Overland flow time* (jam)

L = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

n = Angka kekasaran Manning

S = Kemiringan lahan (m/m)

T_d = *Drain flow time* atau waktu aliran dimana air jatuh pada titik awal masuk sungai sampai ke *outlet*, dinyatakan dalam satuan jam.

T_d dapat ditentukan dari kondisi pada saluran, jika aliran dimana parameter-parameter hidroliknya sulit ditentukan, maka T_d dapat diperkirakan dengan menggunakan kecepatan aliran, dengan rumus (Suripin, 2004:82) :

$$T_d = \frac{L}{3600 \cdot v} \dots\dots\dots (2-17)$$

dengan :

T_d = Drain flow time (jam)

L = Panjang sungai (m)

v = Kecepatan aliran rerata (m/det)

dimana nilai v dapat dihitung dengan rumus berikut, (Anonim, *Highway Design Manual*, 2001:810) :

$$v = 4,918.S^{1/2} \dots\dots\dots(2-18)$$

dengan :

v = Kecepatan aliran rerata (m/det)

S = Kemiringan sungai (m/m)

2.3.1.3. Koefisien Tampungan (Cs)

Suatu areal DAS, semakin luas akan berdampak terhadap besarnya tampungan di sungai, yang berakibat juga terhadap besar debit banjir yang terjadi. Oleh karenanya perlu diperhitungkan dalam metode Rasional Modifikasi. Koefisien tampungan dapat dirumuskan sebagai berikut (Lewis et al, 1975:12) :

$$Cs = \frac{2T_c}{2T_c + T_d} \dots\dots\dots(2-19)$$

dengan :

T_d = Drain flow time (jam)

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

2.3.1.4 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variabel yang didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan meliputi :

- a. Keadaan hujan
- b. Luas dan bentuk daerah aliran
- c. Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
- d. Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- e. Kelembapan tanah
- f. Suhu udara, angin dan evaporasi
- g. Tata guna lahan

Nilai koefisien pengaliran (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air yang melimpas (air larian) terhadap besarnya curah hujan. Angka

koefisien pengaliran ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS tersebut telah mengalami gangguan fisik (Asdak, 2004:157). Nilai koefisien pengaliran (C) yang besar menunjukkan kondisi tata air dan tata guna lahan pada lahan tersebut telah mengalami kerusakan. Jika nilai koefisien pengaliran (C) besar, maka jumlah air hujan yang menjadi air tanah berkurang. Kerugian lainnya adalah ancaman terjadinya erosi dan banjir menjadi lebih besar. Harga koefisien pengaliran (C) untuk berbagai kondisi permukaan tanah didasarkan dengan suatu pertimbangan bahwa koefisien tersebut sangat tergantung pada faktor-faktor fisik, dapat ditentukan pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.6 Nilai Koefisien Pengaliran

Tata Guna Lahan	C	Tata Guna Lahan	C
Perkantoran		Tanah lapang	
Daerah pusat kota	0,70-0,95	Berpasir, datar, 2%	0,05-0,10
Daerah sekitar kota	0,50-0,70	Berpasir, agak rata, 2-7%	0,10-0,15
Perumahan		Berpasir, miring, 7%	0,15-0,20
Rumah tinggal	0,30-0,50	Tanah berat, datar, 2%	0,13-0,17
Rumah susun, terpisah	0,40-0,60	Tanah berat, agak rata, 2-7%	0,18-0,22
Rumah susun, bersambung	0,60-0,75	Tanah berat, miring, 7%	0,25-0,35
Pinggiran kota	0,25-0,40	Tanah pertanian, 0-30%	
Daerah industri		Tanah kosong	
Kurang padat industri	0,50-0,80	Rata	0,03-0,60
Padat industri	0,60-0,90	Kasar	0,20-0,50
Taman, kuburan	0,10-0,25	Ladang garapan	
Tempat bermain	0,20-0,35	Tanah berat, tanpa vegetasi	0,30-0,60
Daerah stasiun KA	0,20-0,40	Tanah berat, dengan vegetasi	0,20-0,50
Daerah tak berkembang	0,10-0,30	Berpasir, tanpa vegetasi	0,20-0,25
Jalan raya		Berpasir, dengan vegetasi	0,10-0,25
Beraspal	0,70-0,95	Padang rumput	
Berbeton	0,80-0,95	Tanah berat	0,15-0,45
Berbatu bata	0,70-0,85	Berpasir	0,05-0,25
Trotoar	0,75-0,85	Hutan.bervegetasi	0,05-0,25
Daerah beratap	0,75-0,95	Tanah tidak produktif, >30%	
		Rata, kedap air	0,70-0,90
		Kasar	0,50-0,70

Sumber : Asdak, 2004:164

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa tata guna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas

daerah yang diwakilinya. Adapun cara perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suhardjono, 1984:23) :

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2-20)$$

dengan :

C_m = Koefisien pengaliran rata-rata

$C_1, C_2, \dots, C_n$ = Koefisien pengaliran yang sesuai kondisi permukaan

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas daerah pengaliran yang disesuaikan kondisi permukaan

2.3.1.5. Hujan Efektif

Hujan efektif adalah bagian hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct run off*). Limpasan langsung ini terdiri dari limpasan permukaan (*surface run off*) dan aliran yang masuk ke dalam lapisan tipis di bawah permukaan tanah dengan permeabilitas rendah, yang keluar lagi di tempat yang lebih rendah dan berubah menjadi limpasan permukaan (*interflow*).

Dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu, maka hujan netto (R_n) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R_n = C \times R \dots\dots\dots(2-21)$$

dengan :

R_n = Hujan efektif (mm)

C = Koefisien pengaliran

R = Intensitas curah hujan (mm)

2.3.2 Metode Hidrograf Satuan Sintetik SNYDER

Hidrograf satuan tersebut ditentukan dengan cukup baik pada tinggi $d = 1$ mm dengan ketiga unsur yang lain yaitu Q_p (m³/detik) dan T_b serta tr (jam). Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan :

A = Luas daerah pengaliran

L = Panjang aliran utama

L_c = Jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan pelepasan (outlet) yang diukur sepanjang aliran utama

Dengan unsur-unsur tersebut di atas Snyder membuat rumus-rumus nya sebagai berikut :

$$tp = C_t (L L_c)^{0,3}$$

$$tr = \frac{\tau_p}{5,5}$$

$$Q_p = 2.78 \frac{C_p A}{\tau_p}$$

$$T_b = \frac{72 + 3T_p}{24}$$

2.3.2.1 Penelusuran Banjir (*flood routing*)

Penelusuran banjir adalah merupakan peramalan hidrograf di suatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain (Soemarto, 1987:174). Tujuan penelusuran banjir adalah untuk :

- Peramalan jangka pendek
- Perhitungan hidrograf satuan pada berbagai titik sepanjang sungai dari hidrograf satuan di suatu titik di sungai tersebut
- Peramalan atau kehilangan air oleh curah hujan, aliran masuk atau keluar air tanah dan evaporasi, kesemuanya ini diabaikan.

Persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut :

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \dots\dots\dots(2-22)$$

dengan :

I = Debit yang masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (m^3/det)

Q = Debit yang keluar dari akhir bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (m^3/det)

S = Besarnya tampungan (*storage*) dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (m^3)

Dt = Periode penelusuran (detik, jam, atau hari)

Apabila periode penelusurannya diubah dari dt menjadi Δt , maka :

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2} \dots\dots\dots(2-23)$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \dots\dots\dots(2-24)$$

sehingga rumus (2-30) dapat diubah menjadi :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t = S_2 - S_1 \dots\dots\dots(2-25)$$

dengan :

I_1, I_2 = Diketahui dari hidrograf debit masuk yang diukur besarnya

Q_1, S_1 = Diketahui dari periode sebelumnya

Q_2, S_2 = Tidak diketahui

Indeks 1 = Keadaan pada saat permulaan periode penelusuran

Indeks 2 = Keadaan pada akhir periode penelusuran

Pada penelusuran banjir lewat sungai, besarnya tampungan tergantung kepada debit masuk dan debit keluar. Persamaan yang menyangkut hubungan S dan Q pada palung sungai hanya berlaku untuk hal-hal yang khusus, yang bentuknya adalah sebagai berikut :

$$S = k. \{x.I + (1-x).Q\} \dots\dots\dots(2-26)$$

k dan x ditentukan oleh hidrograf debit masuk dan debit keluar yang masing-masing diamati pada saat yang bersamaan, sehingga hanya berlaku untuk bagian memanjang palung sungai yang ditinjau.

2.4. Metode F.J. MOCK

Metode F.J. MOCK mempunyai dua prinsip pendekatan perhitungan aliran permukaan yang terjadi di sungai, yaitu neraca air di atas permukaan tanah dan neraca air bawah tanah.

Neraca air di atas permukaan tanah, meliputi daya serap tanah (*soil storage*) terhadap hujan netto (hujan setelah dikurangi evapotranspirasi aktual) yang akan mempengaruhi kondisi kelembaban tanah (*soil moisture contents*). Neraca air ini akan menyumbangkan (atau bisa juga tidak) aliran langsung (*direct run off*) yang merupakan kelebihan air setelah dikurangi dengan laju infiltrasi berdasarkan koefisien infiltrasi yang ditetapkan.

Neraca air di bawah permukaan sangat dipengaruhi oleh laju infiltrasi dan perkolasi yang mencapai muka air tanah. Neraca air akan mempengaruhi kondisi kandungan air tanah (*storage volume*) yang berubah dari waktu ke waktu sehingga pada

akhirnya akan memberikan sumbangan (bisa juga tidak) berupa aliran dasar yang dapat menuju ke dalam sungai.

2.4.1. Prosedur perhitungan

1. Evapotranspirasi aktual (Eta) $Eta = Etp - E$
dengan $E = Etp \cdot (Nd / N) \cdot m$
 $Nd = N - Nr$
Sehingga $Eta = Etp - Etp \cdot (N - Nr) / N \cdot m$
2. Neraca air di permukaan $Rnet = (R - Eta)$
3. Daya serap tanah atas air (SS), diawali simulasi jika $Rnet > SMC$, maka $SS = 0$
selanjutnya $SS = SMT - SMT - 1$
4. kelembaban tanah (SM) $SM = SMT - 1 + SSt$, dengan $0 < SM < SMC$
5. Kelebihan air (WS) $WS = Rnet - SS$, dengan $WS > 0$
6. Infiltrasi (I) $I = Ci \cdot WS$
7. Kandungan air tanah (V) $Vt = \frac{1}{2} (1+k) \cdot I + k \cdot Vt - 1$
8. Beda kandungan air tanah $Dv = Vt - Vt - 1$
9. Aliran dasar (BF) $BF = I - Dv$
10. Limpasan langsung (DRO) $DRO = WS - I$
11. Limpasan permukaan (RO) $RO = BF + DRO$

2.5. Sistem Informasi Geografis (SIG)

2.5.1. Definisi Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem berbasis komputer yang memberi 4 (empat) kemampuan untuk menangani data bereferensi geografi, yaitu meliputi pemasukan, pengolahan, atau manajemen data (penyimpanan atau pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis serta keluaran (Aronoff, 1989). SIG adalah sebuah rangkaian sistem yang memanfaatkan teknologi digital untuk melakukan analisis spasial. Di dalam SIG data tersimpan dalam format digital, jumlah data yang besar dapat tersimpan dan diambil kembali secara cepat dan efisien. Keunggulan SIG lainnya adalah kemampuan memanipulasi data dan analisis data spasial dengan mengaitkan data atau informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda kedalam suatu analisis tunggal.

Komponen SIG terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan terdiri atas seperangkat komputer yang berfungsi untuk menyimpan, menampilkan teks dan interaksi dengan pengguna serta *digitizer* yang

berfungsi untuk merubah data analog kedalam data digital. Perangkat lunak yang biasa digunakan adalah ArcView versi 3.3 yang dikeluarkan oleh *Environmental System Research Institute* (ESRI).

Informasi yang dihasilkan dari analisa dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi merupakan representasi informasi secara visual dengan mengintegrasikan basis data spasial (peta digital) dan basis data non spasial (atribut) yang akan mempermudah dalam melakukan analisa dan kajian dalam usaha perencanaan dan pengelolaan suatu DAS.

2.5.2. Komponen Sistem Informasi Geografis

Komponen-komponen utama yang harus diperhatikan dalam pengembangan Sistem Informasi Geografis, antara lain :

1. Data

Data merupakan salah satu unsur yang tidak mungkin dipisahkan dari Sistem Informasi Geografis. Data tersebut dapat berupa foto udara, penginderaan jarak jauh dan *image processing*, peta *digital*, survei lapangan, dan data tabular.

2. Perangkat keras (*Hardware*)

Komputer sebagai alat *input*, proses pengolahan dan *output*. Perangkat ini menyangkut seluruh perangkat fisik yang terdapat dalam sistem komputer. Perangkat-perangkat tersebut antara lain terdiri dari :

- a). Peralatan data masukan
- b). Peralatan data keluaran
- c). Peralatan penyimpanan
- d). *Processor*

3. Perangkat lunak (*Software*)

Software Sistem Informasi Geografis didesain untuk melakukan analisa geografi. Sebagian besar *software* tersebut dapat digunakan untuk memanipulasi spasial atau tabular data. *Software* juga merupakan kumpulan dari salah satu paket program yang berfungsi untuk mengoptimalkan kerja suatu sistem komputer.

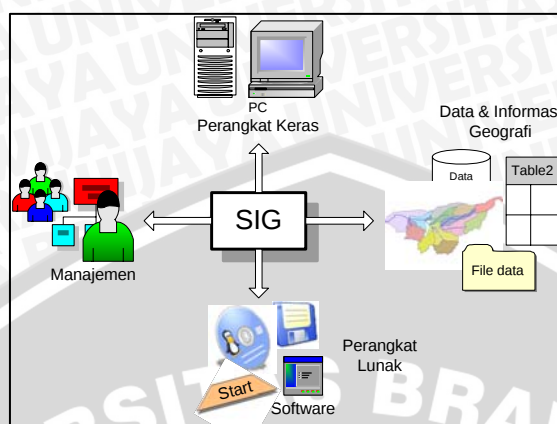
4. Manusia/Pelaksana

Manusia sebagai pengoperasi atau pengatur jalannya sistem yang ada pada program Sistem Informasi Geografis.

5. Tata cara/Prosedur

Prosedur meliputi masukan, pengadaan data, pemeliharaan, hubungan dengan instansi terkait, standarisasi program aplikasi serta kemudahan memakai dan

mengembangkan. Suatu proyek Sistem Informasi Geografis akan berhasil jika di-manage dengan baik dan dikerjakan oleh orang-orang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan.



Gambar 2.4 Komponen Sistem Informasi Geografis
Sumber : Prahasta, 2001 : 61

2.5.3. Pengolahan Data dengan SIG

2.5.3.1. Pemasukan Data

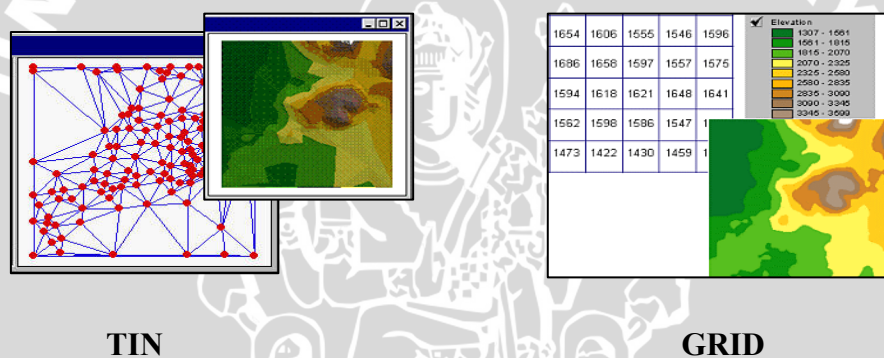
Pemasukan data dapat dilakukan dengan digitasi, digitasi adalah proses pengubahan data grafis analog menjadi data grafis digital, dalam struktur vektor. Hasil suatu proses digitasi adalah himpunan segmen maupun polygon. Pada peta garis setiap segmen sejenis diberi kode atau identitas yang sama. Manfaat utama penyimpanan informasi dalam bentuk kode dan ID ini adalah untuk pengaktifan kembali data secara selektif, untuk keperluan tertentu. Pada saat digitasi secara otomatis akan terbentuk suatu basis data pendamping yang berupa tabel yang menyertai peta digital tersebut. Tabel ini berisi informasi tentang urutan nama dan kode segmen dan poligon, berikut dengan ukuran matriknya (luas, keliling). Hal ini dimungkinkan karena sebelum memulai digitasi telah diberi informasi mengenai titik-titik kontrol peta tersebut.

2.5.3.2. Model Permukaan Digital (*Digital Terrain Model/DTM*)

Topografi berperan penting dalam respon hidrologi pada suatu DAS, agar mendapatkan prediksi yang akurat mengenai proses hidrologi pada suatu DAS maka perlu ketepatan dalam analisa keruangan pada DPS tersebut. *Digital Terrain Model (DTM)* atau juga biasa disebut sebagai *Digital Elevation Model (DEM)* adalah salah satu perkembangan SIG sebagai metode pendekatan yang dipakai untuk memodelkan topografi atau relief permukaan bumi dalam bentuk 3 (tiga) dimensi. Dari pemodelan 3 dimensi ini bisa digunakan untuk memodelkan suatu daerah aliran sungai sehingga akan membantu ketelitian dalam menentukan luas daerah tangkapan air, kemiringan lereng,

panjang aliran sungai, atau menentukan jaringan sungai sintetik yang selanjutnya bisa digunakan untuk menganalisa respon hidrologi pada DAS tersebut, misal besarnya limpasan permukaan dan sedimentasi.

Terdapat beberapa metode untuk menggambarkan bentuk permukaan bumi dalam model permukaan *digital*, antara lain model *grid*, *TIN* (*Triangulated Irregular Network*), *Cellular automata* (CA). Model data *grid*/raster menyajikan permukaan bumi dalam matriks atau piksel-piksel kecil berbentuk bujur sangkar yang mewakili luasan yang sebenarnya pada permukaan bumi. Setiap piksel dalam model ini memiliki atribut ketinggian (elevasi) masing-masing. *TIN* menyajikan model permukaan sebagai sekumpulan bidang-bidang kecil (*facet*) berbentuk segi tiga yang saling berhubungan dari titik-titik yang memiliki atribut koordinat horizontal (x,y) dan koordinat vertikal (elevasi). Sedangkan *Cellular automata* (CA) menyajikan dalam bentuk segitiga, segiempat atau segienam beraturan.



Gambar 2.5 Tipe model Digital Elevation Model (DEM)

Sumber : Tarboton, 2000

Dari berbagai metode tersebut yang paling sering digunakan adalah DEM dengan model data *grid*, karena dianggap mudah dalam penggunaan dalam penggunaannya. Model data *grid* memiliki sel-sel yang bentuknya beraturan dan luasan yang sama, sehingga memudahkan dalam penerapan rumus atau perhitungan serta analisa lebih lanjut.

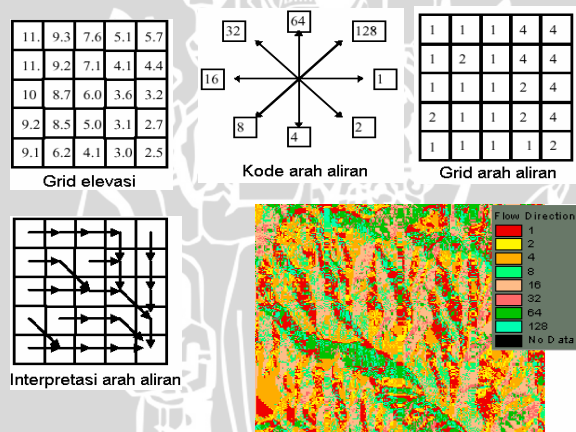
2.5.3.3. Pemodelan Daerah Aliran Sungai

Model permukaan digital dengan format *grid* yang dikenal dengan bentuk sel yang beraturan (bujur sangkar), memungkinkan untuk dianalisa lebih lanjut diantaranya untuk mendapatkan skema dan parameter topografi suatu Daerah Aliran Sungai. Pemodelan DAS dari suatu *grid* adalah dengan memanfaatkan kemampuan analisa dan manipulasi dalam Sistem Informasi Geografi (SIG), yaitu melalui penerapan algoritma tertentu untuk memanipulasi hubungan suatu *cell* dengan *cell-cell* tetangganya.

Untuk mendapatkan model DAS dari suatu DEM, maka terlebih dahulu ditentukan arah aliran dan akumulasi aliran pada sel-sel DEM tersebut.

a). Penentuan arah aliran (*Flow direction*)

Zat cair secara alami akan mengalir dari elevasi yang lebih tinggi ke daerah yang elevasinya lebih rendah. Untuk menentukan arah aliran suatu sel dari DEM ditentukan dengan membandingkan elevasi sel tersebut dengan elevasi 8 (delapan) tetangganya yang bersebelahan. Maka aliran dari sel ini akan mengalir ke arah sel yang memiliki kemiringan relatif paling curam terhadap sel yang akan ditentukan arah alirannya. Dalam SIG, 8 (delapan) arah aliran yang mungkin akan dilewati oleh suatu sel dikodekan dengan angka-angka. Timur (E) = 1, Tenggara (SE) = 2, Selatan (S) = 4, Barat daya (SW) = 8, Barat (W) = 16, Barat laut (NW) = 32, Utara (N) = 64, dan Timur laut (NE) = 128. Sebagai contoh, jika arah aliran dari suatu sel setelah kemiringan relatif dari 8 sel sebelahnyanya dibandingkan adalah ke arah kiri (barat), maka arah aliran pada sel tersebut dikodekan dengan angka 16.



Gambar 2.6 Penentuan arah aliran pada grid DEM

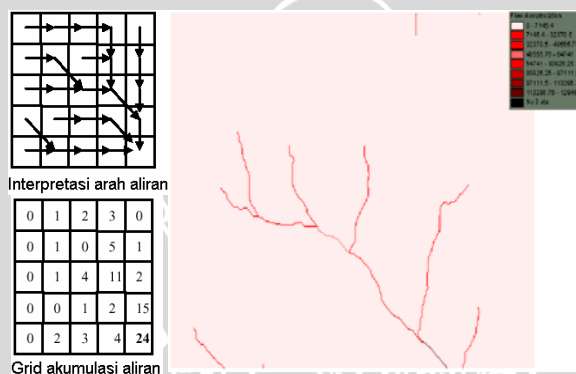
Sumber : Tarboton, 2000

Namun pada kenyataannya terdapat beberapa sel yang tidak dapat didefinisikan arah alirannya karena elevasi delapan sel tetangganya lebih tinggi. Walaupun hal ini bisa saja terjadi secara alami pada permukaan bumi, namun dalam pengolahan DEM dapat dianggap sebagai suatu kesalahan yang disebut *sink* atau daerah yang mengalami depresi aliran. Air yang mengalir ke arah sel yang mengalami depresi aliran tidak akan bisa mengalir ke sel berikutnya sehingga menyebabkan jaringan aliran akan terputus dan menyebabkan genangan. Untuk mendapatkan suatu perhitungan yang akurat mengenai arah aliran dan akumulasi aliran, maka terlebih dahulu harus memperbaiki sel-sel yang mengalami depresi aliran dengan menaikkan elevasi sel tersebut sehingga

terjadi kemiringan ke arah sel tetangganya. Besarnya kenaikan elevasi ini tergantung dari karakteristik permukaan yang terjadi. Untuk daerah yang bergelombang dengan resolusi 1 meter dapat dinaikan setinggi 0,1 m.

b). Akumulasi aliran (*Flow accumulation*)

Akumulasi aliran didefinisikan sebagai banyaknya sel yang memberikan kontribusi aliran pada suatu sel berdasarkan grid arah aliran yang telah ditentukan sebelumnya. Penjumlahan akumulasi aliran ini dimulai dari daerah hulu, lalu menelusuri tiap sel satu per satu ke arah hilir berdasarkan grid arah aliran. Sel-sel dengan akumulasi aliran lebih besar Sel dengan akumulasi aliran 0 (tidak ada sel lain yang memberikan kontribusi aliran) merupakan daerah yang topografinya tinggi. Biasanya berupa punggung-punggungan bukit yang selanjutnya diidentifikasi sebagai batas DPS. Sedangkan sel-sel dengan jumlah akumulasi aliran tinggi, biasanya mengidentifikasi saluran sungai.



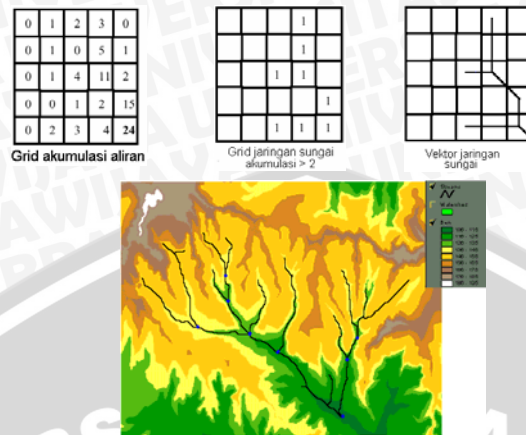
Gambar 2.7 Penentuan akumulasi aliran (flow accumulation)

Sumber : Tarboton, 2000

c). Pembangkitan jaringan sungai sintetik

Jaringan sungai sintetik diperoleh dengan menentukan batas minimum jumlah kontribusi aliran yang diterima oleh suatu sel yang bisa dianggap sebagai awal dari saluran sungai. Selanjutnya jaringan sungai sintetik ini ditentukan dengan mengikuti grid arah aliran menuju sel yang memiliki akumulasi aliran yang paling tinggi, dengan memberikan memberikan *value* = 1 (*true*) untuk sel-sel dengan nilai akumulasi aliran lebih dari batas minimum dan *value* NODATA (*false*), untuk sel-sel yang nilai akumulasi alirannya kurang dari batas minimum. Sel-sel yang memiliki *value* = 1 akan diekstrak dan dikonvert ke model data vektor berupa garis yang merepresentasikan sungai sintetik. Penentuan batas minimum akumulasi aliran akan mempengaruhi jaringan sungai sintetik yang dihasilkan, jika batas minimumnya kecil maka akan terdapat banyak sungai-sungai kecil. Sebaliknya jika batas minimumnya

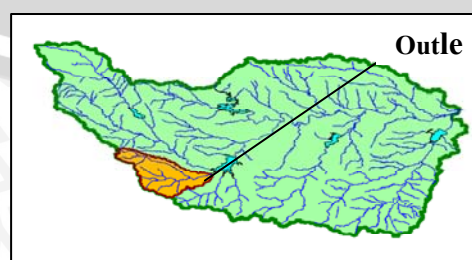
besar, sungai-sungai kecil akan tereliminasi dan menjadi satu dengan sungai yang lebih besar daerah tangkapan airnya.



Gambar 2.8 Penentuan jaringan sungai
Sumber : Tarboton, 2000

d). Parameter Daerah Aliran Sungai

Daerah pengaliran sungai atau juga dikenal sebagai daerah tangkapan air merupakan daerah mana saja yang apabila terjadi hujan, akan memberikan kontribusi aliran pada titik outlet yang sama. Pada suatu DEM daerah tangkapan air dengan menentukan sel-sel mana saja yang memberikan kontribusi aliran pada suatu sel outlet yang ditentukan sebelumnya berdasarkan gid arah aliran. Sel-sel ini akan diidentifikasi dengan value yang sama, kemudian dipisahkan dan dikonvert dalam data vektor sebagai poligon luasan. Sel outlet ditentukan tergantung daerah mana yang menjadi objek studi atau juga dengan menambahkan *outlet* pada anak sungai berdasarkan jaringan sungai yang selanjutnya akan menjadi sub DAS dari DAS utama. Setelah mendapatkan skema DAS/Sub-DAS, maka parameter tiap Sub DAS bisa dikalkulasi menggunakan *GIS interface*. Adapun parameter-parameter yang bisa diperoleh dalam pemodelan ini adalah luasan DAS/Sub DAS, aliran terpanjang, panjang sungai, kemiringan rata-rata sungai, kemiringan lereng, dan kordinat pusat DAS.



Gambar 2.9 Contoh model DAS dari suatu DEM
Sumber : Tarboton, 2000

2.6. Limpasan Permukaan (*Surface Runoff*)

Untuk menentukan besarnya volume limpasan permukaan dengan menggunakan HEC HMS, metode yang digunakan adalah metode SCS (*Soil Conservation Service*), *Curve Number* (SCS, 1972). *The Soil Conservation Service* (1972) atau metode SCS adalah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai abstraksi dari curah hujan. Metode ini berasumsi bahwa ratio dari abstraksi dari curah hujan. Metode ini berasumsi bahwa ratio dari abstraksi langsung dengan simpangan air permukaan (*retention*) sama dengan ratio nilai limpasan permukaan langsung (*direct runoff*) dengan nilai potensial limpasan (*potential runoff*) (Chow, 1988:147).

2.6.1. SCS Curve Number

Nilai CN pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 berasal dari daerah beriklim sedang, namun demikian table tersebut cukup memadai untuk digunakan sebagai pengganti apabila nilai CN untuk daerah setempat belum tersedia (Chay Asdak, 2002:183). Nilai CN pada table tersebut hanya berlaku untuk keadaan kelembaban awal, yaitu nilai rata-rata untuk banjir tahunan. Faktor korelasi untuk keadaan kelembaban awal yang lain dapat diperoleh antara lain dalam Schwab et al. (1982).

Metode SCS berusaha mengaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi dan tata guna lahan dengan bilangan kura air larian CN (*runoff curve number*) yang menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan tertentu (Chay Asdak, 2002:182).

Tabel 2.7 Bilangan kurva air larian (CN) untuk kondisi hujan awal II pada tanah pertanian yang ditanami (SCS Engineering Division, 1986)

Tataguna Lahan	Cara bercocok tanam	Keadaan Hidrologi	Kelompok Tanah			
			A	B	C	D
Tidak dikerjakan	Gundul/ kosong		77	86	91	94
	Tanah kosong bekas dikerjakan	Buruk Baik	76 74	85 83	90 88	93 90
Tanaman berjajar	Larikan lurus	Buruk Baik	72 67	81 78	88 85	91 89
	Larikan lurus ada bekas ditanami	Buruk Baik	71 64	80 75	87 82	90 85
	Kontur	Buruk Baik	70 65	79 75	84 82	88 86
	Kontur ada bekas ditanami	Buruk Baik	69 64	78 74	83 81	87 85
	Kontur dan teras	Buruk Baik	66 62	74 71	80 78	82 81
	Kontur dan teras ada bekas ditanami	Buruk Baik	65 61	73 70	79 77	81 80
	Larikan lurus	Buruk Baik	65 63	76 75	84 83	88 87
	Larikan lurus ada bekas ditanami	Buruk Baik	64 60	75 72	83 80	86 84
Padi Gandum	Kontur	Buruk Baik	63 61	74 73	82 81	85 84
	Kontur ada bekas ditanami	Buruk Baik	62 60	73 72	81 80	84 83
	Kontur dan teras	Buruk Baik	61 59	72 70	79 78	82 81
	Kontur dan teras ada bekas ditanami	Buruk Baik	60 58	71 69	78 77	81 80
	Larikan lurus	Buruk Baik	66 58	77 72	85 81	89 85
	Kontur	Buruk Baik	64 55	75 69	83 78	85 83

	Kontur dan teras	Buruk	63	73	80	83
		Baik	51	67	76	80

Sumber : AVSWAT Theoretical Documentation 2000, 2002:95

Tabel 2.8. Bilangan kurva air larian (CN) untuk kondisi hujan awal II pada tanah pertanian yang lain (SCS Engineering Division, 1986)

Tata guna lahan	Keadaan Hidrologi	Kelompok Tanah			
		A	B	C	D
Padang rumput terus menerus untuk tempat pnggembalaan ternak	Buruk	68	79	86	89
	Cukup	49	69	79	84
	Baik	39	1	74	80
Padang rumput terlindung dari ternak, untuk dipanen		30	58	71	78
Semak-semak rerumputn dengan tumbuhan semak semakny yang dominan	Buruk	48	67	77	83
	Cukup	35	56	70	77
	Baik	30	48	65	73
Tanaman kayu kombinasi rumput dan perkebunan	Buruk	57	73	82	86
	Cukup	43	65	76	82
	Baik	32	58	72	79
Tegakan hutan tidak rapat	Buruk	45	66	77	83
	Cukup	36	60	73	79
	Baik	30	55	70	77
Tanah pertanian		59	74	82	86

Sumber : AVSWAT Theoretical Documentation 2000, 2002:96

2.7. Metode Perhitungan AVSWAT

2.7.1. Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan merupakan salah satu faktor penting dalam sistem transport berbagai material yang akan terbawa masuk pengaliran sungai. Limpasan permukaan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan atau depresi pada permukaan tanah. Setelah pengisian selesai maka air akan mengalir dengan bebas dipermukaan tanah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan bisa dikelompokkan ke dalam faktor-faktor yang berhubungan dengan curah hujan dan yang berhubungan

karateristik daerah aliran sungai. Lama waktu hujan , intensitas dan penyebaran hujan mempengaruhi laju dan volume limpasan permukaan. Pengaruh DAS terhadap limpasan permukaan adalah melalui bentuk dan ukuran DAS, topografi, geologi, dan keadaan tata guna lahan.

Ada banyak metode yang dapat dipakai untuk menganalisa dan memprediksi besaran limpasan permukaan, dalam studi ini menggunakan persamaan SCS .

SCS merupakan model empirikal yang telah umum digunakan diberbagai kawasan dunia, model ini dibangun guna menyediakan estimasi yang konsisten untuk memperkirakan besarnya limpasan permukaan berdasarkan data tata guna lahan dan jenis tanah yang bervariasi. Persamaanya adalah sebagai berikut :

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad (2.2)$$

dengan:

Ia = abstraksi awal (initial abstraction) (mm)

Pe = hujan berlebih (mm)

S = volume dari total tampungan (mm)

P = tinggi hujan (mm)

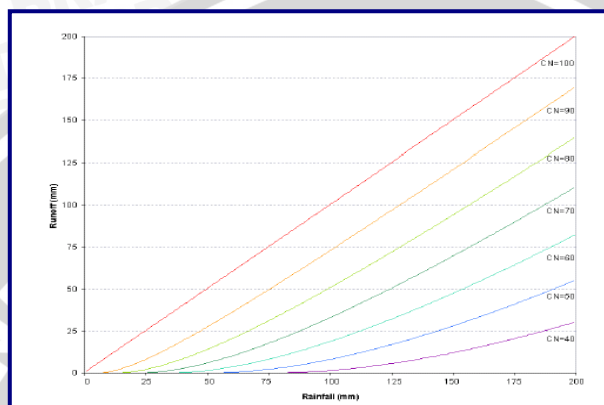
Abstraksi awal adalah air hujan yang terinfiltrasi lebih dahulu ke dalam tanah sebelum terjadi limpasan permukaan, yang termasuk dalam komponen abstraksi awal adalah simpanan permukaan (*retention*), air yang diserap oleh tumbuhan, evaporasi dan infiltrasi. Abstraksi awal merupakan variabel yang berhubungan dengan kondisi jenis tanah dan faktor penutup lahan. Pendekatan yang digunakan untuk menghitung laju abstraksi awal adalah dengan persamaan : $Ia = 0.2 S$. Dengan mensubstitusikan 2 persamaan tersebut maka persamaan pendugaan limpasan akan menjadi :

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2.3)$$

Sedangkan S merupakan deskripsi hubungan antara jenis tanah dan tata guna lahan dari suatu kawasan yang diperoleh dari bilangan *Curve Number* (CN), bilangan CN ini berkisar antara 0 – 100 yang juga merepresentasikan besar potensi dari air limpasan permukaan yang akan terjadi. S dapat dihitung dengan persamaan :

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2.4)$$

Untuk nilai curve number (CN) yang berbeda-beda dapat dilihat pada grafik pada Gambar 2.3 :



Gambar 2.10 Grafik Hubungan Limpasan Permukaan Dan Curah Hujan Untuk Menentukan Nilai CN

2.7.2. Debit Puncak

Nilai limpasan puncak atau debit puncak adalah nilai maksimum dari limpasan yang terjadi karena disebabkan oleh intensitas hujan yang turun. Nilai ini merupakan indikator dari kekuatan erosi yang dapat ditimbulkan pada lahan dan dapat digunakan untuk memprediksi angkutan sedimen. Perhitungan SWAT untuk nilai debit puncak ini menggunakan modifikasi metode rasional.

Metode rasional dapat digunakan untuk mendesain saluran dengan bentang yang lebar dan sistem saluran pengendali banjir. Metode rasional bedasar pada anggapan bahwa hujan yang jatuh dengan intensitas 'i' pada waktu $t = 0$ secara kontinu akan terus meningkat sampai pada waktu konsentrasi $t = t_{conc}$, anggapan ini dengan melibatkan seluruh daerah pengaliran yang mengarah pada badan sungai (*outlet*).

Debit puncak dihitung berdasarkan persamaan rasional yang dimodifikasi. Persamaan metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0.278 C \cdot I \cdot A \quad (2.5)$$

dengan:

$$Q = \text{limpasan permukaan (m}^3/\text{dt)}$$

$$C = \text{koefisien limpasan}$$

i = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas wilayah DAS (ha)

2.7.3. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh air dari titik terjauh dari DAS menuju pada outlet DAS tersebut. Waktu konsentrasi dihitung dengan menjumlahkan waktu yang dibutuhkan oleh air yang melimpas di lahan di tambah dengan waktu yang dibutuhkan oleh air yang melimpas di saluran sampai pada outlet.

$t_{con} = t_{ov} + t_{ch}$

t_{con} = waktu konsentrasi (jam)

t_{ov} = waktu air melimpas di lahan (jam)

t_{ch} = waktu untuk air melimpas di saluran (jam)

Waktu konsentrasi air melimpas di lahan (*overland flow time of concentration*)

$$t_{ov} = \frac{L_{slp}^{0.6} \times n^{0.6}}{18 \times slp^{0.3}} \quad (2.6)$$

dengan :

t_{ov} = waktu konsentrasi air melimpah di lahan

L_{slp} = panjang slope DAS (m)

Slp = slope DAS

n = koefisien kekasaran Manning

Waktu konsentrasi air melimpas di saluran (*channel flow time of concentration*)

$$t_{ch} = \frac{0.62 \times L \times n^{0.75}}{A^{0.125} \times slp_{ch}^{0.375}} \quad (2.7)$$

dengan :

t_{ch} = waktu konsentrasi air melimpas di saluran (jam)

L = panjang saluran

A = luas DAS (km²)

Slp = slope saluran

2.7.4. Modifikasi Metode Rasional

Dengan menggabungkan persamaan di atas didapat persamaan metode rasional modifikasi sebagai berikut :

$$Q_{peak} = \frac{\alpha_{tc} \times Q_{surf} \times A}{3.6 \times t_{con}} \quad (2.8)$$

dengan :

- $\alpha t c$ = bagian dari hujan harian yang terjadi selama $tcon$ (mm)
 Q_{surf} = debit limpasan permukaan (m³/det)
 $tcon$ = waktu konsetrasi
 A = luas DAS (km²)

2.8. HEC-HMS 3.2

2.8.1. Definisi HEC-HMS 3.2

HEC HMS 3.2 adalah program pengembangan dari program HEC HMS sebelumnya, yang telah dikembangkan untuk tujuan memudahkan pemakaiannya. Hidrologi Modeling Sistem (HMS) ini di desain untuk mensimulasi proses hujan terhadap kejadian yang menimpa pada system WS/DAS. HMS didesain untuk pengaplikasiannya untuk menyelesaikan beberapa kasus masalah dalam bidang SDA, diantaranya adalah analisa sumber daya air dalam skala yang besar, analisa banjir, analisa besar limpasan permukaan lahan (runoff).

HMS 3.2 ini dalam penggunaannya dapat dilakukan secara langsung menggunakan program ini ataupun dikerjakan bersama-sama yang di gabung dari beberapa program hidrologi lainnya, untuk macam studi ketersediaan air, urban drainage, perkiraan banjir, dampak pengembangan kawasan, desain waduk dan lain-lainnya.

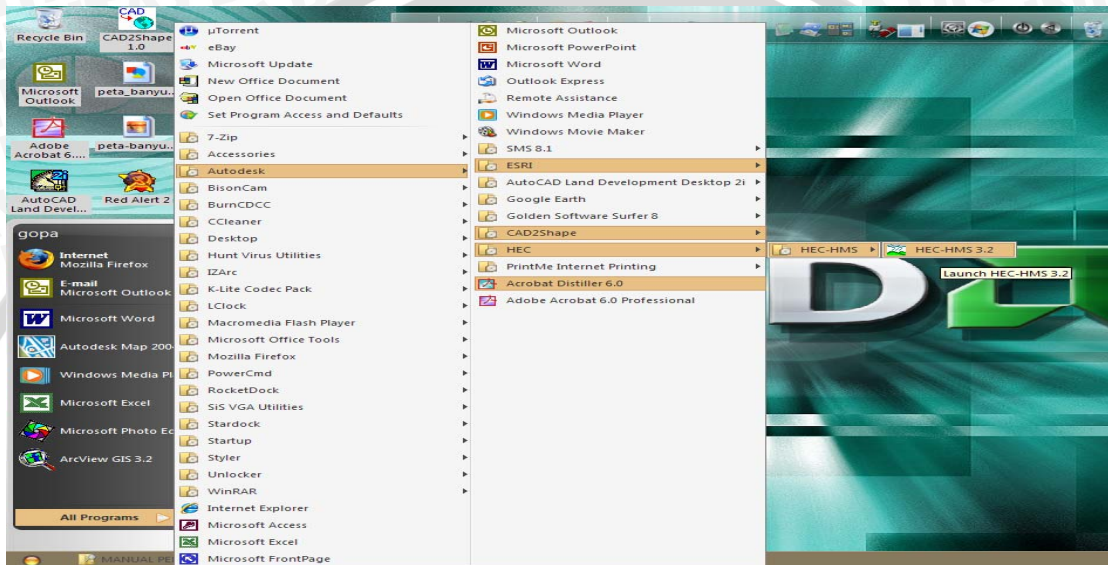
2.8.2. Komponen HEC-HMS 3.2.

Didalam pemanfaatan program HEC-HMS, kita memerlukan bantuan program ArcView GIS, *3D Analyst* dan *Spatial Analyst* serta program AVSWAT untuk melakukan pengolahan data spasial sebelum dimasukkan dan dimanfaatkan didalam HEC-HMS 3.2.

Hal ini karena program HEC-HMS 3.2 tersebut tidak dapat melakukan pengolahan data spasial berupa peta-peta digital yang nantinya akan digunakan didalam proses analisa serta perhitungan. HEC-HMS hanya dapat menggunakan input peta digital yang telah diolah sebelumnya oleh program tambahan tersebut, lalu di *import* ke dalam program HEC-HMS 3.2.

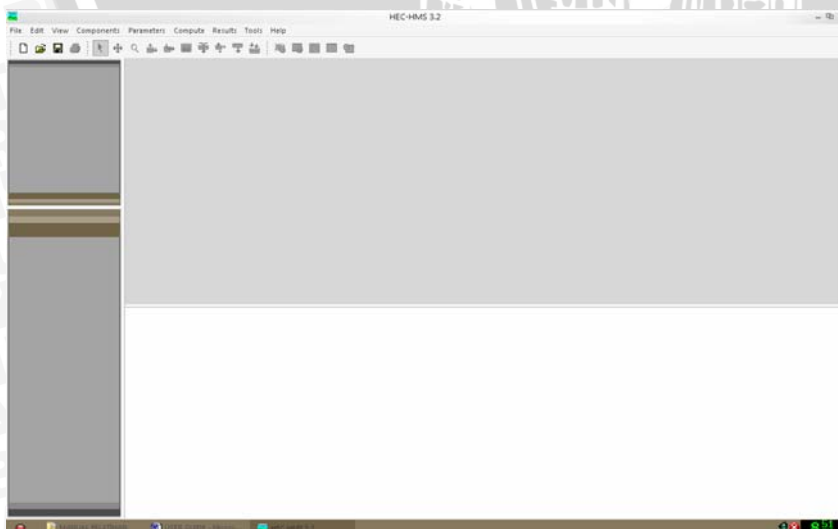
Secara garis besar, langkah-langkah didalam penggunaan HEC-HMS 3.2 ini adalah sebagai berikut :

1. Masukkan input DEM, peta tata guna lahan serta peta jenis tanah yang telah dibuat sebelumnya, pada ArcView dengan mengaktifkan terlebih dahulu ekstension *3D Analyst*, *Spatial Analyst*. Setelah selesai diolah, di *inport* ke dalam HEC-HMS 3.2.
2. Membuka HEC HMS 3.2



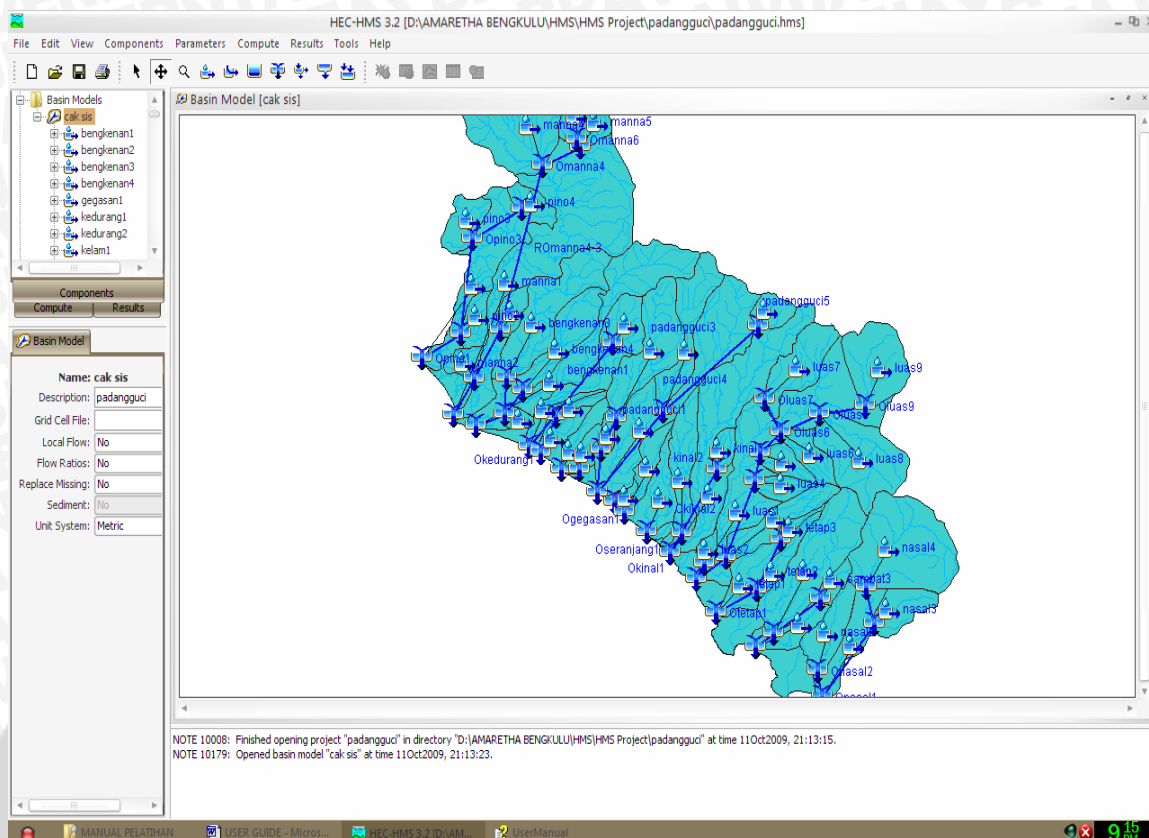
Gambar 2.11 Tools Menu Membuka HEC HMS 3.2

Cara membuka HEC HMS 3.2 adalah dengan mengarahkan cursor : *Strat Menu/AllPrograms/HEC/HEC HMS/HEC HMS 3.2*



Gambar 2.12. Tampilan Windows HEC HMS 3.2

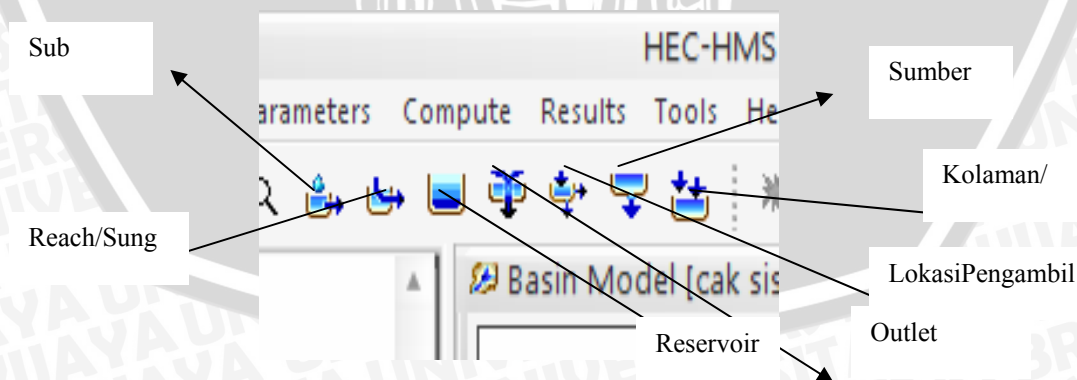
3. Memasukkan data dan bentuk DAS



Gambar 2.13 Tampilan Hasil Basin Models

Data input pemodelan terbagi atas 4 macam kategori data input, dimana setiap folder kategori tersebut berhubungan langsung untuk pengisian data data base pada frame windows *componet Editor*, keempat kategori folder tersebut adalah :

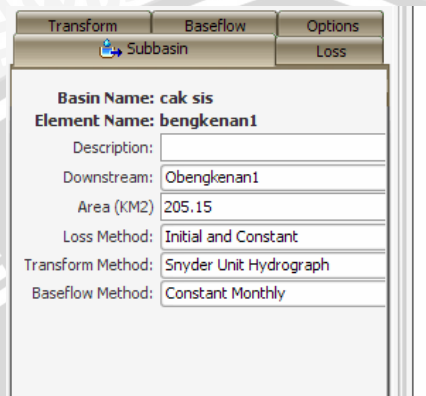
1. **Basin Model.** Isian data kategori Basin Model terdiri dari semua system data yang di masukkan pada pemodelan. Yaitu :



A. Isian Data Basin Model Input Lahan DAS/Watersheed

Basin model eksplorier adalah folder nama-nama sub basin yang di inputkan dimana isian data base pada *componet editor* adalah terdiri dari :

- Downstream : koneksi system basin terhadap system model di bagian downstream nya.
- Deskripsi untuk catatan pengguna jika dirasa terdapat catatan penting untuk wilayah DAS/outlet sungai yang ditunjuk.
- Downstream : keterangan system downstream daripada item DAS atau Outlet Sungai yang ditunjuk.



Subbasin	
Basin Name:	cak sis
Element Name:	bengkenan1
Description:	
Downstream:	Obengkenan1
Area (KM2):	205.15
Loss Method:	Initial and Constant
Transform Method:	Snyder Unit Hydrograph
Baseflow Method:	Constant Monthly

Isian Data DAS

- Area : yaitu mengisi data luasan DAS dalam satuan km^2
- Loss Method* : yaitu optional model perhitungan besaran jumlah air yang akan di resapkan di permukaan. Metode yang di pakai pada pemodelan HEC HMS ini adalah menggunakan : Model Infiltrasi *Green and Ampt*, Model Infiltrasi *Gridded Deficit Constant*, Model Infiltrasi *SCS Curve Number*, Model Infiltrasi *Gridded Soil Moisture Accounting*, *Initial And Constant*, *SCS Curve Number*, *Smith Parlange*, *Spil Moisture Accaounting*. Metode tersebut yang cocok di gunakan di Indonesia atau wilayah lainnya yang belum pernah di koreksi terhadap metode metode diatas, maka disarankan untuk dipilih metode *Initial and constant*, yaitu di asumsi basaran nilai infiltrasi di permukaan lahan DAS yang di pilih adalah konstan.

Isian untuk data input *loss method* ini adalah terdiri dari : **Initial loss**, yaitu besaran kondisi awal besar keilangan air permukaan dalam satuan mm, **contant rate** yaitu besaran laju infiltrasi di lapangan satuan mm/jam, **Imperious** yaitu persentase satuan tanah yang tak tembus air satuan dalam %.

Basin Name: cak sis	
Element Name: bengkenan1	
Initial Loss (MM)	2
Constant Rate (MM/HR)	0.5
Impervious (%)	2

- f) *Transform Methode*, yaitu optional model perhitungan bangkitan nilai hujan menjadi besaran debit di lahan yang akhirnya menjadi inflow terhadap sungai. Isian untuk data input *transform method* (yang digunakan adalah metode *Snyder*, yaitu : Standard Lag (jam) yaitu nilai besar faktor t_r untuk metode *Snyder*, *Peaking Coefficient* yaitu faktor C_p pada metode *Snyder*.

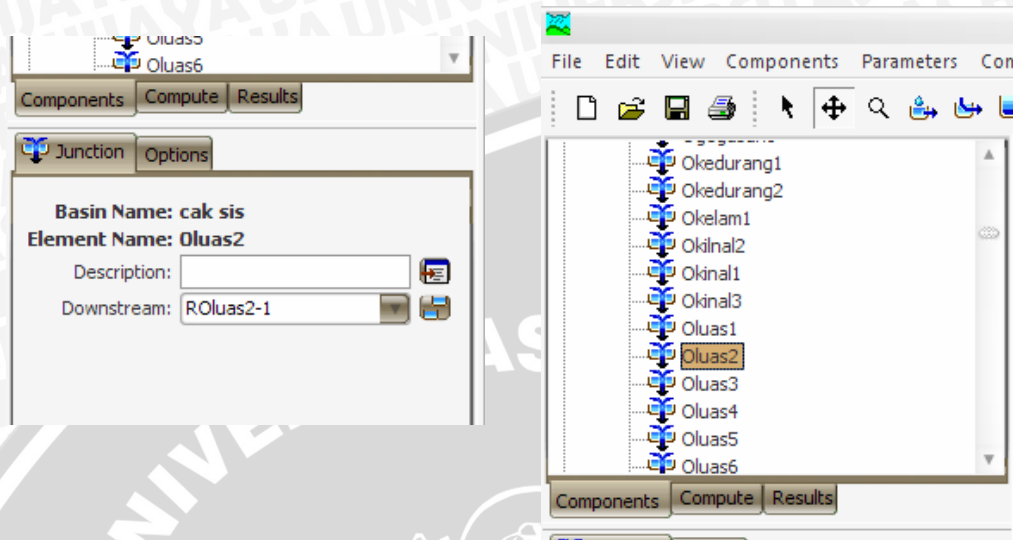
Basin Name: cak sis	
Element Name: bengkenan1	
Standard Lag (HR)	1.1
Peaking Coefficient	0.2

- g) *Base flow Method*, adalah aliran lateral dasar di lahan untuk setiap periode waktu yang digunakan, untuk component editor *base flow method* dipilih metode *constant montly*/ nilai *base flow* konstan untuk setiap bulan. Isian data untuk *Base Flow Method* adalah data data asumsi nilai *base flow* di lahan/lateral flow rerata bulan: (yang digunakan adalah metode *constant Montly*)

Basin Name: cak sis	
Element Name: bengkenan1	
January (M3/S)	0.968
February (M3/S)	0.968
March (M3/S)	0.968
April (M3/S)	0.968
May (M3/S)	0.968
June (M3/S)	0.968
July (M3/S)	0.968
August (M3/S)	0.968
September (M3/S)	0.968
October (M3/S)	0.968
November (M3/S)	0.968
December (M3/S)	0.968

B. Isian Data Basin Model Input Outlet Sungai

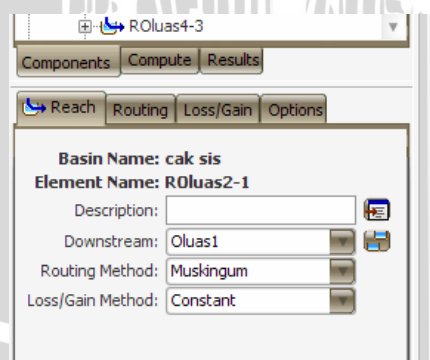
Klik icon Outlet, maka pengisian dilakukan pada *component editor* di bawahnya yang terdiri dari isian data keterangan system *Downstream* dari pada Outlet yang dimaksud.



C. Isian Data Atribut Sungai

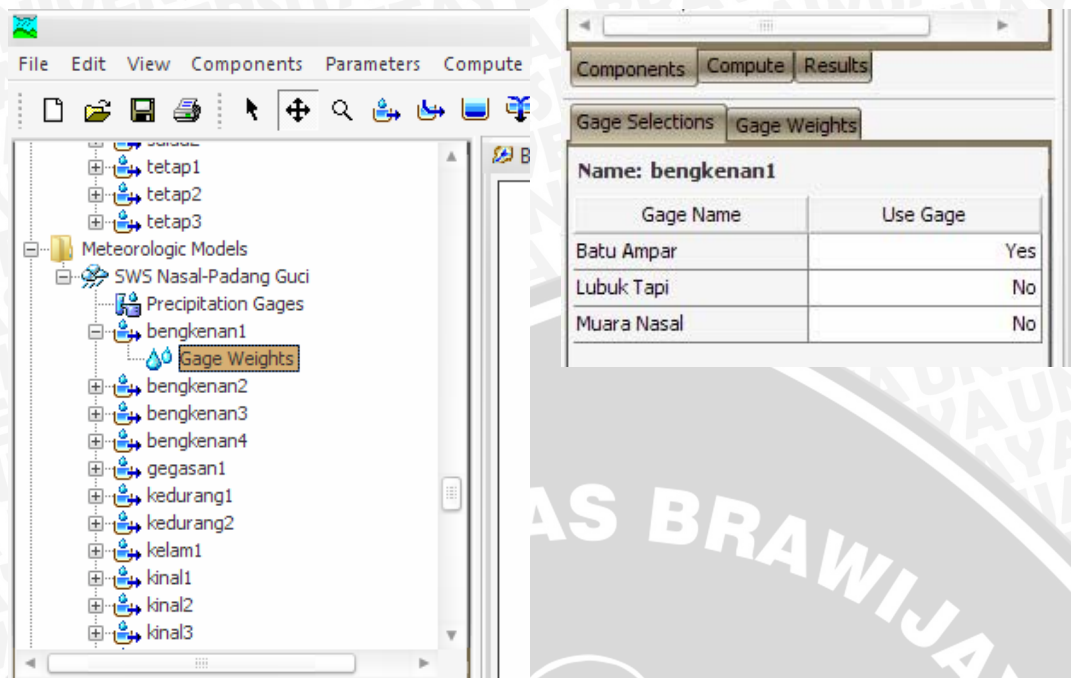
Menu option isian data sungai adalah terdiri dari form isian :

- Downstream* : koneksi system basin terhadap system model di bagian *downstream*
- Routing Method* : pilihan Metode *Routing* Banjir
- Loss/Gain Method* : Optional metode perhitungan kehilangan air di sungai



2. Meteorologic Model

Adalah isian data tentang besar faktor pengaruh hujan dari masing-masing stasiun yang di inputkan dalam pemodelan terhadap masing-masing lahan / Sub basin pada pemodelan.



Gambar 2.14 Tampilan *Meteorologic Model*

3. Control Spesification

Isian pada menu input ini adalah isian time series pemodelan yang di jalankan, pemodelan mampu untuk menghitung pola hidrologi dalam periode waktu menit, jam, hari, bulan, dan tahun.,

4. Time Series Data

Isian data input time series data adalah isian data hujan dalam period waktu yang sudah ditentukan. Untuk menghindari kemacetan program dalam running isian data time series adalah harus sama dengan isian pada menu *control Specification*.

Data-data yang umumnya diperlukan didalam pengolahan data menggunakan HEC HMS 3.2 adalah sebagai berikut :

- Peta topografi
- Peta tata guna lahan
- Peta jenis tanah
- Data meteorologi (data hujan)

2.9 Metode Perhitungan Model HEC- HMS

2.9.1. Metode SCS Curve Number (CN)

Metode perhitungan dari *Soil Conservation Service* (SCS) *Curve Number* (CN) beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan komulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. Model perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$Pe = \frac{n \sum (P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

dengan:

Pe = Hujan Komulatif pada waktu t

P = Kedaaman hujan komulatif pada waktu t

Ia = Kehilangan mula-mula (initial loss)

S = Kemampuan penyimpangan maksimum

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpangan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diawali oleh CN (*Curve Number*) adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{1000 - 10CN}{CN}$$

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

Nilai dari CN (*Curve Number*) bervariasi dari 100 (untuk permukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi).

2.9.2. Hidrograf Satuan Sintetis Snyder

HEC-HMS memasukkan di dalamnya satu implementasi Snyder Unit Hidrograf. Snyder menggambarkan suatu patokan Unit Hidrograf, tr adalah curah hujan dalam jangka waktu, tp adalah berhubungan dengan aliran sungai yang tertinggal.

Empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut ini.

$$tp = Ct (L Lc)^{0,3}$$

$$Qp = \frac{CpA}{tp}$$

$$T = 3 + \frac{tp}{tpR}$$

$$tD = \frac{tp}{5,5}$$

Apabila durasi hujan efektif t_r tidak sama dengan durasi standart t_D , maka:

$$t_{pR} = t_p + 0,25 (t_r - t_D)$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}}$$

dengan:

t_D : durasi standart dari hujan efektif (jam)

t_r : durasi hujan efektif (jam)

t_p : waktu dari titik berat durasi hujan efektif T_d ke puncak hidrograf satuan (jam)

t_{pR} : waktu dari titik berat durasi hujan ke t_r ke puncak hidrograf satuan (jam)

T : waktu dasar hidrograf satuan (hari)

Q_p : debit puncak untuk durasi t_D

Q_{pR} : debit puncak untuk durasi t_r

L : panjang sungai utama terhadap titik control yang ditinjau (km)

L_c : jarak antara titik control ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

A : luas DAS (km²)

C_t : koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4 sampai 1,7

C_p : koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

2.9.3. Model Muskingum

Penelusuran banjir model Muskingum, metode ini memodelkan volume tampungan banjir di alur sungai, yang merupakan gabungan antara tampungan prisma dan tampungan baji. Tampungan air di sungai tergantung pada aliran masuk (*inflow*), aliran keluar (*outflow*), dan karakteristik hidraulik sungai. Pada saat banjir datang, aliran masuk lebih besar dari aliran keluar sehingga terbentuk tampungan baji. Sebaliknya pada waktu resesi aliran keluar lebih besar dari aliran masuk sehingga tampungan baji negatif.

Dengan anggapan bahwa tiap luas tampang lintang liran banjir adalah sebanding dengan debit di tampang tersebut, maka volume tampungan prisma adalah KO , dan volume baji adalah $Kx(1-0)$ dimana x adalah faktor pembobot yang mempunyai nilai antara 0 dan 0,5. Tampungan total adalah jumlah dari tampungan prisma dan tampungan baji:

$$S = KO = Kx(1-0)$$

dengan :

$$S = \text{volume tampungan}$$

I = aliran masuk (*inflow*)

O = aliran keluar (*outflow*)

K = koefisien tampungan, yaitu perkiraan waktu perjalanan air sungai

x = faktor pembobot, yang bervariasi antara 0 dan 0,5

Di lapangan biasanya nilai x bervariasi antara 0,1 dan 0,3. Nilai K dan x dapat diperoleh dengan kalibrasi berdasar hidrograf aliran masuk dan keluar.

Dalam penyelesaian penelusuran banjir di sungai dengan menggunakan metode Muskingum, nilai K diperkirakan dari waktu perjalanan air di sungai, sedang nilai x dilakukan dengan kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan prosedur berikut ini. Pertama digambar hubungan antara S dan $X_i + (1-x)O$ untuk beberapa nilai x. Oleh karena nilai S dan $X_i + (1-x)O$ diasumsikan mempunyai bentuk linier, maka nilai x yang dipilih adalah yang memberikan kurva linier terbaik, yaitu kurva tersempit. Setelah kurva terbentuk, nilai K ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$K = \frac{S}{(xI + (1-x)O)}$$



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Studi

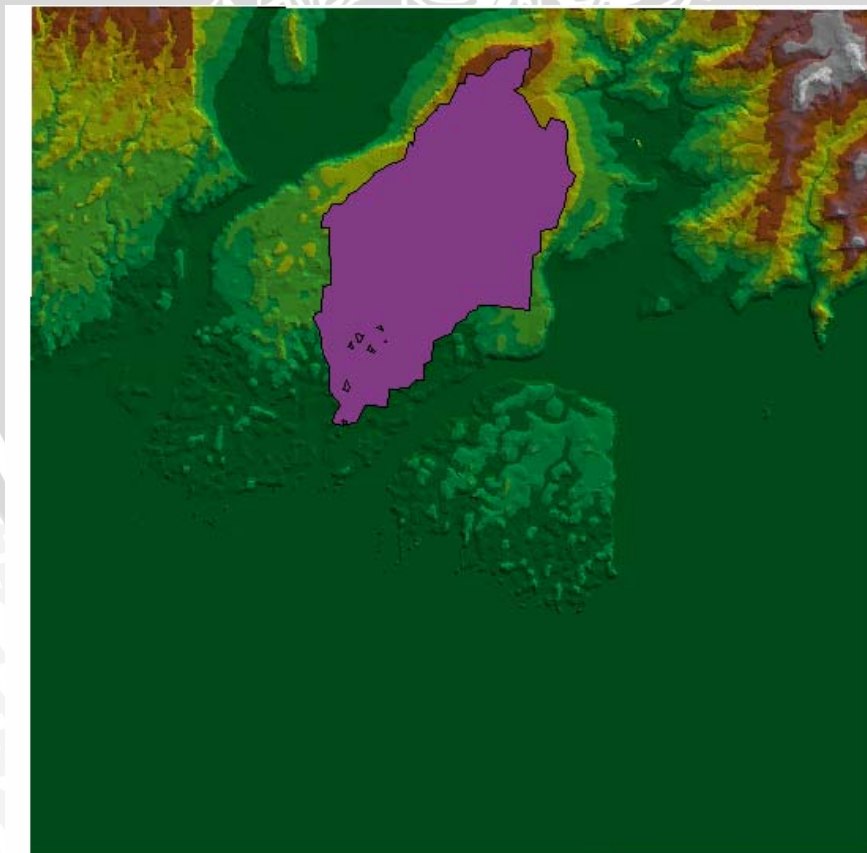
Wilayah studi terletak pada Sub DAS Clungup. Secara astronomis terletak pada $112^{\circ}39'30''$ - $112^{\circ}42'30''$ BT dan $8^{\circ}23'30''$ - $8^{\circ}26'32''$ LS. Wilayah studi ini memiliki luas sebesar $14,93 \text{ km}^2$ ($1.493,058 \text{ Ha}$) dengan batas-batas sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Desa Kedung Banteng, Kabupaten Malang
- Sebelah Selatan : Samudera Indonesia
- Sebelah Timur : Desa Tambakrejo, Kabupaten Malang
- Sebelah Barat : Desa Sitiarjo, Kabupaten Malang

Data hujan yang dipakai diambil dari 1 stasiun pencatat hujan yaitu stasiun Sitiarjo.

Dari ke stasiun tersebut diambil data pengamatan dari tahun 1999 – 2008 diperoleh dari PSAWS Bango-Gedangan.

Untuk lebih jelasnya, gambar Sub DAS Clungup dapat dilihat pada **Gambar 3.1** berikut :



Gambar 3.1 Daerah Aliran Sungai Clungup

3.2. Data-data yang Diperlukan

Dalam penyusunan studi ini diperlukan data-data yang mendukung baik itu data primer maupun data sekunder. Yang dimaksud data sekunder adalah data yang bersumber dari instansi-instansi yang terkait dan pernah dilakukan pengukuran, sedangkan data primer diperoleh berdasarkan pengukuran langsung di lapangan. Data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan studi ini sesuai dengan batasan dan rumusan masalah seperti pada Bab I adalah sebagai berikut :

1. Data curah hujan harian tahun 1998 s.d. 2007 yang bersumber dari Dinas Pengairan Kabupaten Malang.
2. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Jawa Timur yang bersumber dari Balai Pengelolaan DAS Brantas di Malang.
3. Peta rupa bumi digital Indonesia skala 1 : 25.000 yang mencakup seluruh areal DAS Clungup yang bersumber dari BAKOSURTANAL.
4. Peta jenis tanah dan kedalaman solum tanah untuk areal DAS Clungup yang bersumber dari Balai Pengelolaan DAS Brantas di Malang.
5. Peta tataguna lahan DAS Clungup yang diperoleh dari Balai Pengelolaan DAS Brantas di Malang.

3.3. Langkah-langkah Studi

3.3.1. Pengolahan Data dengan ArcView-GIS

1. Menyiapkan data-data untuk input data yang diatur dan diolah sedemikian rupa sehingga sesuai dengan format yang diminta program AVSWAT agar dapat bekerja dengan baik pada saat menjalankan program simulasinya. Data-data yang disesuaikan formatnya adalah :
 - a. Data curah hujan
 - b. Data jenis tanah
 - c. Data tataguna lahan
2. Menampilkan peta lokasi studi
 - a. Peta topografi
 - b. Peta tataguna lahan
 - c. Peta jenis tanah
 - d. Peta sungai

3. Metode pengolahan DEM (*Digital Elevation Model*)

- a. Mempersiapkan peta topografi digital dengan skala 1:25.000 dari BAKOSURTANAL yang meliputi wilayah DAS Lesti, dimana peta dalam format file program autoCAD (*.dwg).
- b. Meng-eksport polyline kontur peta topografi tersebut ke dalam format file program ArcView (*.shp) dengan bantuan program CAD2Shape 1.0.
- c. Menggabungkan theme dari peta kontur yang sudah dalam format file (*.shp) tersebut dengan program ArcView 3.3 dari fasilitas *Geo Processing Wizard* dengan pilihan option adalah *merge theme together*
- d. Membangkitkan hasil gabungan (*merge*) peta kedalam DEM dalam bentuk 3 dimensi pada menu file, setelah aktif pada menu *Surface* pilih sub menu *Create TIN (Triangular Irregular Network)*.
- e. Setelah berhasil membuat *TIN*, konversi DEM dari format *TIN* ke dalam struktur format *grid*. Identifikasi anomali atau yang disebut *sink* dari DEM dengan memilih menu *Theme*, kemudian pilih sub menu *Convert to grid*.
- f. Pilih menu AVSWAT, pilih menu *Automatic Delineation* yang kemudian akan muncul *dialog box* berjudul *watershed delineation*.
- g. Dalam *DEM Set Up*, pilih gambar map terbuka untuk membuka file peta, kemudian pilih peta yang ingin dijadikan DEM.
- h. Pilih perintah *properties* untuk memproyeksikan gambar DEM yang telah berhasil dibuat. Proyeksi dalam studi ini menggunakan metode UTM 1983 dengan zona 49.
- i. Pilih perintah *apply* untuk mengkonfirmasi.

4. Membangkitkan jaringan sungai sintetis (*stream network*) dari DEM

- a. Pada *dialog box Watershed Delineation – Stream Definition*, pada baris *threshold area*, isikan suatu angka untuk mendefinisikan jaringan sungai (aliran sungai utama dan anak sungai) pada gambar. Terdapat batas minimal dan maksimal angka yang akan diisikan. Semakin kecil angka, maka semakin banyak anak sungai yang didefinisikan.
- b. Pilih perintah *apply* untuk mengkonfirmasi.
- c. Membandingkan/mengkoreksi peta jaringan sungai sintetis dengan peta sungai asli, apabila tidak terjadi perbedaan yang mencolok maka peta jaringan sungai sintetis dapat diterima.

5. Membuat daerah tangkapan sungai (*Catchment Area*)
 - a. Pada *dialog box Watershed Delineation – outlet and inlet definition*, pilih perintah *add/remove/redefine* untuk mendefinisikan *outlet* utama dari DAS Clungup dari *point outlet* pada peta *outlet* jaringan irigasi.
 - b. Pilih perintah *select* pada baris *Main watershed outlet(s) selection and definition* untuk memilih satu atau lebih *outlet* yang mendefinisikan untuk *outlet* utama dari *outlet-outlet* yang telah dibuat.
 - c. Pilih perintah *apply* untuk memproses deliniasi DAS Clungup.
 - d. Dari proses tersebut akan didapatkan peta batas DAS Clungup dalam format vektor (*.shp).
 - e. Melakukan kalkulasi parameter DAS, untuk mendapatkan data topografi yang berisi data statistik distribusi luasan dan elevasi untuk setiap DAS.
6. Pengolahan peta tataguna lahan
 - a. Klasifikasi Polygon tataguna lahan menurut model klasifikasi AVSWAT.
 - b. Menjalankan *extension* AVSWAT 2000 dari perangkat lunak ArcView 3.2.
 - c. Menjalankan menu *Land Use and Soil Definition* dari menu toolbar AVSWAT 2000, untuk melakukan analisa spasial peta tataguna lahan.
 - d. Dari peta tataguna lahan yang sudah ditambahkan ke dalam *view* didefinisikan menurut klasifikasi tataguna lahan AVSWAT sesuai dengan kategorinya.
 - e. Memproses klasifikasi ulang, sehingga akan didapatkan peta grid tataguna lahan menurut AVSWAT (*AVSWAT Landuse Class*)
7. Pengolahan peta jenis tanah :
 - a. Klasifikasi Polygon jenis tanah menurut model klasifikasi AVSWAT.
 - b. Menjalankan *extension* AVSWAT 2000 dari perangkat lunak ArcView 3.2.
 - c. Menjalankan menu *Land Use and Soil Definition* dari menu toolbar AVSWAT 2000, untuk melakukan analisa spasial peta jenis tanah.
 - d. Dari peta jenis tanah yang sudah ditambahkan ke dalam *view* didefinisikan menurut klasifikasi jenis tanah AVSWAT sesuai dengan kategorinya.
 - e. Memproses klasifikasi ulang, sehingga akan didapatkan peta *grid* jenis tanah menurut AVSWAT (*AVSWAT Soil Class*)

Setelah membuat *AVSWAT Landuse Class* dan *AVSWAT Soil Class*, dilakukan overlay antara peta *grid* tataguna lahan dengan peta *grid* jenis tanah.

Dari hasil overlay tersebut akan menghasilkan *Landuse Soil Report* yang mendeskripsikan secara detail distribusi tataguna lahan dan jenis tanah pada DAS tersebut.

8. Data-data berupa berbagai jenis peta serta informasi yang diolah dari ArcView serta AVSWAT, kemudian digunakan sebagai input data yang kemudian diolah kembali melalui program HEC-HMS 3.2.

3.3.2. Pengolahan Data dengan HEC-HMS 3.2.

Didalam penggunaan HEC-HMS 3.2 dalam mengembangkan informasi yang diperlukan bagi perencanaan, desain, pola operasi, perijinan serta pembuatan peraturan atau regulasi, maka langkah-langkah pengolahan data yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

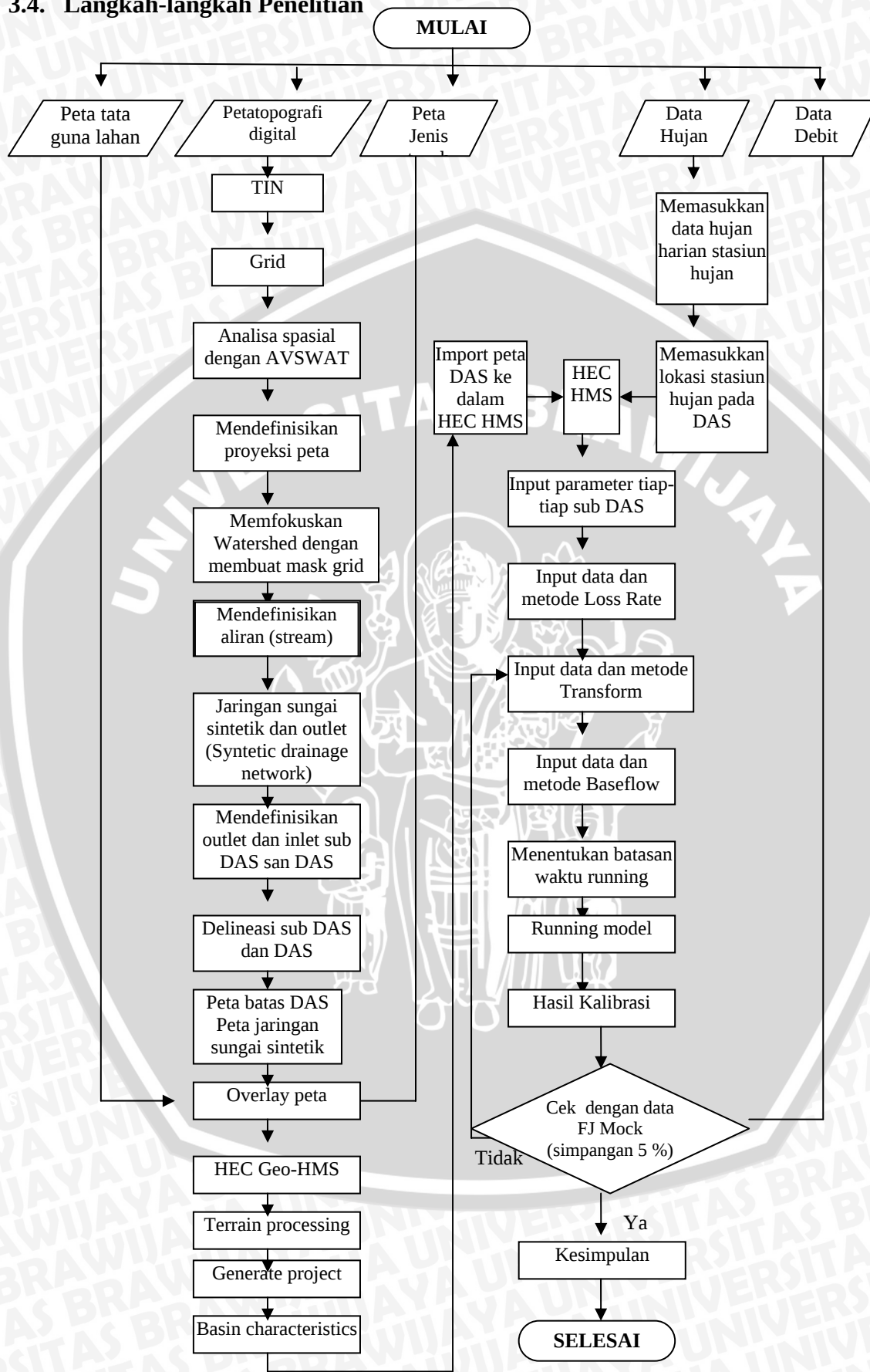
1. Masukkan input DEM, peta tata guna lahan serta peta jenis tanah yang telah dibuat sebelumnya, pada ArcView dengan mengaktifkan terlebih dahulu ekstension *3D Analyst, Spatial Analyst* .
2. Ganti satuan *Map Units* dan *Distance Units* menjadi meter.
3. Membuka program HEC-HMS 3.2
4. Mengklik open maka akan muncul frame windows berisi : *browse* untuk pencarian lokasi *file project* HMS 3.2 yang sudah pernah dikerjakan.
5. Mengklik *Basin Model* untuk melihat gambar DAS yang sudah dianalisa sebelumnya
6. Memasukkan data dan bentuk DAS :
 - a. . Memilih *tab Component –Basin Model- Import*, kemudian *file project* yang telah dibuat sebelumnya
 - b. Peta DAS selanjutnya akan muncul apabila kita memilih nama project kita yang telah muncul pada kotak *Basin Models* lengkap dengan legenda HEC-HMS.
7. Memasukkan data Curah Hujan dengan cara:
 - a. Memilih *tab Data – Precipitation Gages*
 - b. Pada window yang baru muncul, memilih *tab edit-Add Gage*
 - c. Memasukkan nama stasiun hujan
 - d. Pada *Time Window*, masukkan data tanggal mulai serta tanggal akhir untuk data hujan yang akan dimasukkan. Pada window ini, nama bulan harus dalam bahas Inggris, missal 01 Jan 1999 atau 31 Dec 2008
 - e. Memasukkan juga waktu mulai serta waktu akhir untuk data hujan yang akan dimasukkan (tuliskan 00:00 untuk kedua kolom waktu)

- f. Masukkan *Time Interval* dari data hujan yang akan digunakan. Misal apabila kita menggunakan data curah hujan harian, maka kita memilih *time interval 24 Hours (1 Day)*.
- g. Selanjutnya memasukkan data curah hujan.
8. Memasukkan data masing-masing *sub-basin*, dengan cara:
 - a. Klik dua kali pada nama *basin model*, lalu muncul peta DAS lengkap dengan legenda peta HEC-HMS.
 - b. Klik pada lambang *sub-basin*, lalu pilih metode serta memasukkan nilai-nilai yang akan digunakan pada masing-masing *tab Loss Rate, Transform dan Baseflow Method*.
9. Memasukkan data waktu *running* yang akan digunakan, dengan cara:
 - a. Memilih *tab Component-Control Specifications- New* lalu klik OK
 - b. Memasukkan data-data seperti tanggal, waktu dan *time interval* dari *running* yang akan digunakan, lalu klik OK.
10. Melakukan *running model*
11. Melakukan kalibrasi dengan data debit yang tercatat pada AWLR
12. Apabila terjadi penyimpangan cukup besar, maka harus dilakukan pengecekan pada input data tiap-tiap sub DAS serta metode yang digunakan dalam perhitungan.
13. Rancangan perlakuan penelitian studi ini adalah:
Simulasi Sub DAS Clungup dibagi menjadi 12 subdas dengan menggunakan metode *SCS Curve Number (CN)* dan *Unit Hidrograph* menggunakan metode *Snyder UH*.
14. Input data parameter-parameternya adalah sebagai berikut:
 - a. Menginputkan parameter-parameter yang berpengaruh seperti nilai *CN*, prosentase lapisan atau lahan yang kedap air, pada parameter *loss rate*. Dimana nilai *CN* diambil dari prosentase tata guna lahan yang paling luas di subdas tersebut.
 - b. Menginputkan parameter-parameter yang berpengaruh seperti waktu puncak (*lag time*) dan koefisien puncak (*Cp*) pada *transform method snyder UH*.

Parameter-parameter di atas di coba-coba sampai mendekati nilai debit model mendekati debit lapangan.

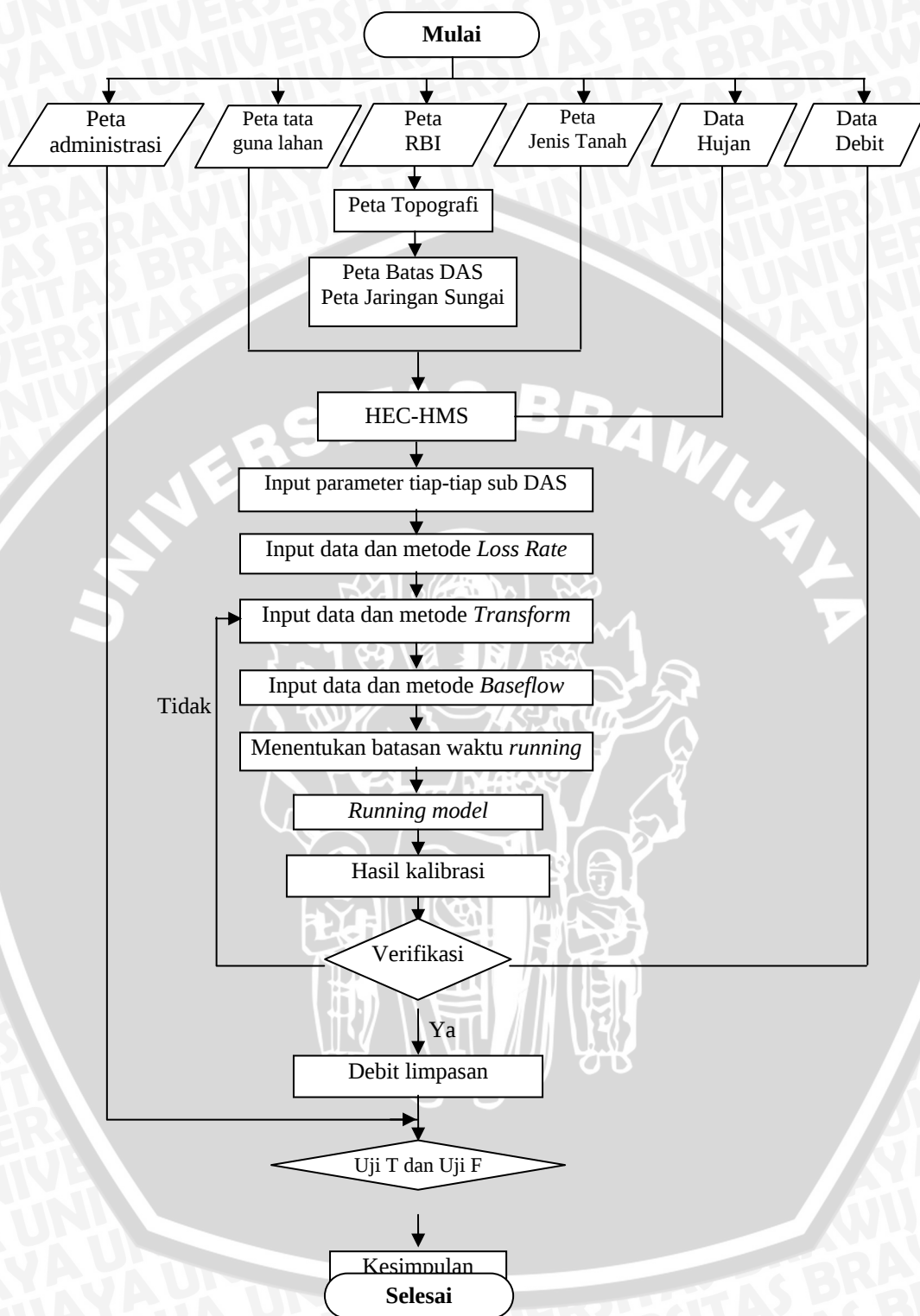
Diagram alir untuk pengolahan data HEC-HMS dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.4. Langkah-langkah Penelitian



Gambar 3.1. Bagan Alir Analisa Debit Historis Menggunakan HEC-HMS

3.5. Langkah-langkah Penelitian







BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tahapan Pengolahan Data

Studi model hujan-debit pada Sub DAS Clungup ini diawali dengan identifikasi wilayah yang akan dikaji, baik berdasarkan batas administrasi atau berdasar daerah aliran sungai. Dalam studi ini, wilayah yang akan dikaji menggunakan konsep daerah aliran sungai.

4.1.1. Uji Kualitas Data

4.1.1.1. Data Curah Hujan

Di lokasi studi merupakan Sub DAS yang tergolong baru dan terdapat satu curah hujan. Oleh karena itu, data hujan yang dipergunakan dalam analisa hidrologi diambil dari Stasiun Hujan Sitiarjo. Data hujan yang digunakan dalam analisa tersebut meliputi data curah hujan harian dengan periode pengamatan tahun 1999 sampai dengan tahun 2008.

4.1.1.2. Curah Hujan Harian Maksimum

Melihat kondisi di daerah studi yang hanya terdapat satu stasiun hujan, perhitungan curah hujan harian maksimum berdasarkan (X_n) maksimum adalah curah hujan terbesar dalam satu hari pada stasiun hujan, selama satu bulan untuk tiap-tiap tahun.

Adapun prosedur perhitungan adalah:

1. Pilih harga maksimum pada stasiun hujan yang diuji tiap-tiap bulan
2. Lakukan langkah no 1. untuk seluruh bulan dalam satu tahun
3. Nilai terbesar dalam satu tahun dipilih sebagai curah hujan maksimum

Data curah hujan harian maksimum yang terjadi di Sub DAS Clungup dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Curah Hujan Harian Maksimum Sub Das Clungup

No	Tahun	R
1	1999	157
2	2000	157
3	2001	103
4	2002	85
5	2003	121
6	2004	210
7	2005	136
8	2006	60
9	2007	32
10	2008	35

Sumber : Hasil Analisa

4.1.1.3. Analisa Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang tertentu. Dalam studi ini, metode analisis hujan rancangan yang digunakan adalah metode Log Pearson III.

Langkah-langkah perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut (Soemarto, 1999 : 152) :

1. Mengubah data curah hujan harian maksimum tahunan dalam bentuk logaritma (sebelumnya data curah hujan telah diurutkan dari kecil ke besar).
2. Menghitung nilai rerata logaritma :

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n} = \frac{20,179}{10} = 2,02$$

dengan : $\overline{\text{Log}X}$ = logaritma hujan rerata harian maksimum
n = banyaknya data

3. Menghitung besarnya simpangan baku (standar deviasi) :

$$S\text{Log}X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}} = 0,155$$

4. Menghitung koefisien kemencengan :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)S^3 \text{Log}X} = \frac{0,022}{(10-1)(10-2)0,10^3} = 0,202$$

5. Menghitung logaritma curah hujan rancangan dengan periode ulang 1,01 th :

$$\text{Log} X = \overline{\text{Log}X} + K.S \text{Log} X$$

$$\text{Log} X = 2,02 + (-1,535 \times 0,10)$$

$$\text{Log} X = 2,053$$

$$X = 113,042$$

dengan :

K = Faktor sifat distribusi Log Person Tipe III yang merupakan fungsi koefisienkemencengan (Cs) terhadap kala ulang atau probabilitas (P) ditentukan dari Tabel 2.3 karena nilai Cs negatif.

Maka, nilai Curah hujan rancangan dengan periode ulang 1,01 th = 113,042 mm

Perhitungan curah hujan rancangan dengan metode Log Person III selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2. Perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Tahun	Xi (mm)	P (%)	Log Xi	Log Xi - Log X	(Log Xi - Log X) ³
1	2006	32	9,091	1,505	-0,465	-0,100
2	2007	35	18,182	1,544	-0,426	-0,077
3	2002	60	27,273	1,778	-0,192	-0,007
4	2003	85	36,364	1,929	-0,041	0,000
5	2001	103	45,455	2,013	0,043	0,000
6	2008	121	54,545	2,083	0,113	0,001
7	2005	136	63,636	2,134	0,164	0,004
8	1999	157	72,727	2,196	0,226	0,012
9	2000	157	81,818	2,196	0,226	0,012
10	2004	210	90,909	2,322	0,352	0,044
Jumlah		1096		19,700		-0,112
Rerata		110		1,970		
Stand. Deviasi		57,827		0,280		
Koef Kemencengan (Cs)				-0,713		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.3. Perhitungan Hujan Rancangan dengan Berbagai Kala Ulang

No	Tr (tahun)	R rata-rata (Log)	Std Deviasi (Log)	Kemencengan (Cs)	Peluang (%)	K	Curah Hujan Rancangan	
							Log	mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,01	1,97	0,280	-0,713	99	-2,787	1,191	15,516
2	2	1,97	0,280	-0,713	50	0,110	2,001	100,180
3	5	1,97	0,280	-0,713	20	0,981	2,244	175,455
4	10	1,97	0,280	-0,713	10	1,323	2,340	218,683
5	25	1,97	0,280	-0,713	4	1,649	2,431	269,758
6	50	1,97	0,280	-0,713	2	1,805	2,475	298,320
7	100	1,97	0,280	-0,713	1	1,908	2,504	318,787
8	1000	1,97	0,280	-0,713	0,1	2,131	2,566	368,008

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan :

[1] = Nomor

[2] = Kala Ulang

[3] = $(\text{SlogXi})/n$

[4] = $((\text{S}(\text{LogXi} - \overline{\text{LogX}})) / (n-1))^{0,5}$

[5] = $(n \cdot \text{S}(\text{LogXi} - \overline{\text{LogX}})^3) / ((n-1)(n-2)(\overline{\text{SLogX}})^3)$

$$[6] = (1/\text{Tr}) * 100 = (1/[2]) * 100$$

[7] = tabel faktor sifat Distribusi Log Pearson Tipe III berdasarkan nilai Cs dan peluang atau kala ulang

$$[8] = \overline{\text{Log}X} + K. \overline{S\text{Log}X} = [3] + [7] * [4]$$

$$[9] = \text{antilog } [8]$$

4.1.1.4. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak, untuk serangkaian data yang tersedia. Dalam studi ini, untuk keperluan analisis uji kesesuaian distribusi digunakan dua metode statistik, yaitu Uji *Chi Square* dan Uji *Smirnov Kolmogorov*.

4.1.1.4.1. Uji *Chi Square*

Uji *Chi Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 . Parameter χ^2 dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995 :194):

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

dengan :

χ_h^2 = parameter *Chi Square* terhitung

G = jumlah sub grup

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub grup ke i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub grup ke i

Adapun langkah-langkah perhitungan dari uji *Chi Square* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995 :194):

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi G sub grup dengan persamaan *Struges* :

$$\Sigma \text{ kelas} = 1 + 3,322 \log n = 1 + 3,322. \log 10 = 4,322 \approx 4$$

Maka data dibagi menjadi 4 sub grup

Sehingga interval untuk masing-masing kelas = 25 % (0,25)

3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap subgrup
4. Menghitung frekuensi teoritis E_i

$$E_i = \frac{\Sigma data}{\Sigma kelas} = \frac{10}{4} = 2,5$$

5. Tiap-tiap subgrup hitung nilai :

$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{(2 - 2,5)^2}{2,5} = 0,1$$

6. Menghitung $\chi^2_{hitung} = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = 4$

7. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1 = 4 - 2 - 1 = 1$

dengan $R = 2$ (Nilai parameter untuk *Chi Square*)

8. Menentukan χ^2_{tabel} dari Tabel 2.4 dengan derajat kepercayaan (α) dan derajat kebebasan (dk)

$$\alpha = 5 \% \text{ dan } dk = 1 \longrightarrow \chi^2_{tabel} = 3,841$$

9. Menyimpulkan hasil perhitungan :

$$\chi^2_{hit} < \chi^2_{tabel} \text{ maka distribusi terpenuhi}$$

Perhitungan Uji *Chi Square* dapat dilihat pada tabel, berikut :

Tabel 4.4 Rekapitulasi Uji Chi Square

No.	Pr	K	Log X	X	Batas Kelas	O _i	E _i	(O _i - E _i) ² /E _i
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	75.00	-0,749	1,76	57,63	$X \leq 95$	5	2,50	2,50
2	50.00	0,110	2,00	100,18	$95 < X < 120$	2	2,50	0,10
3	25.00	0,836	2,20	159,81	$120 < X < 145$	2	2,50	0,10
4					$X \geq 145$	1	2,50	0,90
Jumlah						10	10,00	3,60

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 Keputusan Uji Chi Square

No.	α	X^2_{tabel}	X^2_{hit}	Keterangan	
1	1%	6,635	3,6	$X^2_{hit} < X^2_{tabel}$	Distribusi dapat diterima
2	5%	3,841	3,6	$X^2_{hit} < X^2_{tabel}$	Distribusi dapat diterima

Sumber : Hasil Analisa

4.1.1.4.2. Uji Smirnov Kolmogorof

Uji *Smirnov Kolmogorof* digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut Δ_{maks} . Langkah-langkah perhitungan uji *Smirnov Kolmogorof* adalah sebagai berikut :

1. Data diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung peluang empiris (P_e) dengan rumus Weibull (Soewarno, 1995 : 114) :

$$P_e = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,091$$
3. Menghitung peluang teoritis (P_t) dengan rumus :

$$P_t = 1 - P_r$$

$$P_t = 1 - 0,961 = 0,039$$
dengan : P_r = probabilitas yang terjadi
4. Menghitung simpangan maksimum (Δ_{maks}) dengan rumus :

$$\Delta = |P_t - P_e| = |0,039 - 0,091| = 0,051$$
5. Menentukan nilai Δ_{tabel} berdasarkan derajat kepercayaan (α) dengan Tabel 2.5.
6. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{tabel}}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, dan apabila $\Delta_{\text{maks}} > \Delta_{\text{tabel}}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Perhitungan Uji *Smirnov Kolmogorof* dapat dilihat pada tabel, berikut :

Tabel 4.6 Uji *Smirnov Kolmogorof*

No	Xi (mm)	Log Xi	Pe	K	Pr	Pt	Δ IPT-PeI	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	
1	32	1,505	0,091	-1,663	0,936	0,064	0,027	
2	35	1,544	0,182	-1,524	0,976	0,024	0,157	
3	60	1,778	0,273	-0,686	0,732	0,268	0,005	
4	85	1,929	0,364	-0,145	0,574	0,426	0,062	
5	103	2,013	0,455	0,153	0,487	0,513	0,058	
6	121	2,083	0,545	0,403	0,415	0,585	0,040	
7	136	2,134	0,636	0,585	0,336	0,664	0,027	
8	157	2,196	0,727	0,808	0,250	0,750	0,022	
9	157	2,196	0,818	0,808	0,250	0,750	0,069	
10	210	2,322	0,909	1,260	0,090	0,910	0,001	
Jumlah		19,700					D Max	0,157
Rerata		1,970						
Std Deviasi		0,280						
Cs		-0,713						

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- [1] = Nomor
 [2] = Data
 [3] = Log Xi
 [4] = [1]/(n+1) , Dimana n = jumlah data
 [5] = $(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X_i}) / S \overline{\text{Log } X_i}$
 [6] = (Interpolasi berdasarkan nilai Cs dan K)/100
 [7] = 1-[6]
 [8] = [7] - [4]

Dari perhitungan didapat Dmax =0.111

Dari tabel x didapat D kritis (dengan N = 10) maka ;

Tabel 4.7 Keputusan Uji *Smirnov Kolmogorof*

α	Δ_{kritis}	Δ_{max}	Ket
0,2	0,32	0,157	diterima
0,1	0,37	0,157	diterima
0,05	0,41	0,157	diterima
0,01	0,49	0,157	diterima

Sumber : Hasil Analisa

4.2 Analisa Debit Banjir Rancangan

Analisa debit banjir rancangan pada studi ini di analisa terhadap Metode Rasional Modifikasi

4.2.1. Metode Rasional Modifikasi

Rumus metode rasional modifikasi dalam menentukan debit puncak, adalah sebagai berikut (Lewis K.V,1975 : 9)

$$Q = 0,278.Cs.C.I.A$$

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times 0,279 \times 0,25 \times 5,29 \times 41,475 \\ &= 11,119 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (pada sub DAS 1 penggunaan lahan hutan)} \end{aligned}$$

dengan :

Q = Debit puncak dengan kala ulang tertentu (m^3/det)

I = Intensitas hujan rata-rata dalam t jam (mm/jam)

C = Koefisien limpasan

A = Luas daerah pengaliran (km^2)

Cs = Koefisien tampungan

0,278 = Faktor konversi

4.2.1.1 Intensitas Hujan

Dalam rumus rasional, I adalah intensitas hujan selama waktu tiba banjir (t_c). dalam studi ini intensitas hujan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Mononobe seperti persamaan (2-37):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dengan hasil perhitungan curah hujan rangcangan serta waktu konsentrasi (t_c), maka intensitas hujan dengan kala ulang 2,5,10,25,50,100,1000 tahun dapat ditentukan

$$R_{2th} = 101,42 \text{ mm}$$

$$t_c = 17,125 \text{ jam}$$

perhitungan :

$$I_{10th} = \frac{100,180}{24} \left(\frac{24}{1,03} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 34,058 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.8

Sub-sub DAS	Waktu Konsentrasi [Tc] (jam)	Intensitas Hujan 2 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 5 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 10 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 25 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 100 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 100 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 1000 Tahun (mm/jam)
1	1,030	34,058	59,648	74,344	91,708	101,418	108,376	125,109
2	1,094	32,705	57,279	71,392	88,066	97,390	104,072	120,140
3	1,887	22,740	39,827	49,640	61,233	67,717	72,363	83,535
4	1,568	25,728	45,059	56,161	69,278	76,613	81,869	94,509
5	1,333	28,674	50,219	62,592	77,211	85,386	91,244	105,332
6	1,844	23,098	40,454	50,421	62,197	68,783	73,502	84,850
7	2,418	19,279	33,766	42,085	51,914	57,411	61,349	70,822
8	1,582	25,578	44,798	55,835	68,876	76,168	81,394	93,961
9	3,843	14,156	24,793	30,901	38,118	42,154	45,046	52,001
10	2,935	16,943	29,674	36,985	45,624	50,454	53,916	62,240
11	3,598	14,790	25,903	32,285	39,825	44,042	47,064	54,330
12	2,900	17,078	29,910	37,279	45,986	50,855	54,344	62,735

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.1.2 Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari hulu DAS sampai titik pengamatan aliran air (outlet). Dalam rumus rasional Modifikasi, untuk menentukan waktu konsentrasi menggunakan persamaan (2-38) yaitu :

$$T_c = T_o + T_d$$

Dimana : T_c = Waktu konsentrasi

T_o = *Overland flow time* atau waktu yang dibutuhkan limpasan (*run off*) untuk mengalir melalui permukaan tanah ke *outlet* terdekat.

T_d = *Drain flow time* atau waktu aliran dimana air jatuh pada titik awal masuk sungai sampai ke *outlet*, dinyatakan dalam satuan jam.

Contoh perhitungan pada Sub Das lesti I

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan : } T_c &= 1,011 + 0,019 \\ &= 1,030 \text{ jam}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.16

4.2.1.3 Koefisien Tampungan (C_s)

Suatu areal DAS, semakin luas akan berdampak terhadap besarnya tampungan di sungai, yang berakibat juga terhadap besar debit banjir yang terjadi. Oleh karenanya perlu diperhitungkan dalam metode Rasional Modifikasi. Koefisien tampungan dapat dirumuskan pada persamaan 2-42 yaitu :

$$C_s = \frac{2T_c}{2T_c + T_d}$$

dengan :

T_d = *Drain flow time* (jam)

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

Contoh perhitungan pada sub sub das lesti I

$$\begin{aligned}C_s &= \frac{2 \times 17,1,03}{(2 \times 1,03) + 0,019} \\ &= 0,991\end{aligned}$$

Tabel. 4.9 perhitungan Koefisien Tampungan (C_s)

Sub-sub DAS	Panjang	Kemiringan	Angka Kekasaran	<i>Overland flow Time</i>	Panjang	Slope	Kecepatan	<i>Drain flow Time</i>	Waktu	Koefisien
	Lereng	Lahan	Manning	<i>Time</i>	Sungai	Sungai	Aliran	<i>Time</i>	Konsentrasi	Tampungan
	[L] (m)	[S]	[n]	[T_o] (jam)	[L_{sungai}] (m)	[S_{sungai}]	[V] (m/det)	[T_d] (jam)	[T_c] (jam)	[C_s]
1	1099,890	0,9828	0,025	1,011	1310,300	20,9756	19,226	0,019	1,030	0,991
2	682,410	0,3351	0,025	1,074	1369,690	20,0500	18,797	0,020	1,094	0,991
3	867,270	0,1838	0,025	1,843	2869,900	18,2927	17,955	0,044	1,887	0,988
4	879,370	0,2657	0,025	1,554	927,180	19,0500	18,323	0,014	1,568	0,996
5	805,560	0,3138	0,025	1,310	1468,420	18,0500	17,835	0,023	1,333	0,991
6	733,380	0,1352	0,025	1,817	1963,590	24,3902	20,732	0,026	1,844	0,993
7	1124,960	0,1814	0,025	2,407	726,890	18,2927	17,955	0,011	2,418	0,998
8	763,170	0,2049	0,025	1,536	2725,090	15,2439	16,390	0,046	1,582	0,986
9	1377,830	0,1079	0,025	3,822	1912,380	36,5854	25,392	0,021	3,843	0,997
10	1651,780	0,2673	0,025	2,911	1395,140	15,0500	16,286	0,024	2,935	0,996
11	1466,490	0,1390	0,025	3,583	1128,200	24,3902	20,732	0,015	3,598	0,998
12	1327,680	0,1761	0,025	2,883	1128,620	18,2927	17,955	0,017	2,900	0,997

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.1.4 Koefisien limpasan (C)

Perhitungan koefisien limpasan rerata Sub-sub Das Lesti sebagai berikut :

Tabel 4.10 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup I

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
1	hutan	0,25	0,132	0,033
1	hutan	0,25	0,079	0,020
1	hutan	0,25	0,000	0,000
1	hutan	0,25	0,007	0,002
1	hutan	0,25	0,000	0,000
1	hutan	0,25	0,535	0,134
1	hutan	0,25	0,000	0,000
1	hutan	0,25	0,000	0,000
1	hutan	0,25	0,000	0,000
1	hutan	0,25	0,000	0,000
jumlah			0,754	0,188

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.11 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup II

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
2	hutan	0,25	0,849	0,212
2	kebun	0,45	0,068	0,031
2	kebun	0,45	0,369	0,166
2	kebun	0,45	0,000	0,000
2	hutan	0,25	0,000	0,000
2	hutan	0,25	0,000	0,000
2	hutan	0,25	0,000	0,000
2	hutan	0,25	0,000	0,000
jumlah			1,286	0,409

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.12 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup III

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
3	hutan	0,25	0,099	0,025
3	hutan	0,25	0,127	0,032
3	tegalan	0,4	0,004	0,001
3	tegalan	0,4	0,000	0,000
3	tegalan	0,4	0,000	0,000
3	kebun	0,45	1,284	0,578
3	kebun	0,45	0,094	0,042
3	kebun	0,45	0,000	0,000
3	hutan	0,25	0,000	0,000
3	hutan	0,25	0,000	0,000
3	hutan	0,25	0,000	0,000
3	hutan	0,25	0,000	0,000
jumlah			1,607	0,678

Tabel 4.13 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup IV

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
4	hutan	0,25	0,450	0,113
4	kebun	0,25	0,236	0,059
4	hutan	0,25	0,000	0,000
4	hutan	0,25	0,000	0,000
jumlah			0,686	0,172

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup V

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
5	hutan	0,25	1,250	0,312
5	semak belukar	0,01	0,005	0,000
5	semak belukar	0,01	0,000	0,000
5	semak belukar	0,01	0,000	0,000
5	hutan	0,25	0,395	0,099
jumlah			1,649	0,411

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.15 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup VI

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
6	hutan	0,25	1,064	0,266
6	hutan	0,25	0,000	0,000
6	hutan	0,25	0,000	0,000
6	kebun	0,45	0,060	0,027
6	kebun	0,45	0,000	0,000
6	kebun	0,45	0,000	0,000
6	kebun	0,45	0,008	0,003
6	semak belukar	0,01	0,323	0,003
6	permukiman	0,5	0,009	0,004
6	hutan	0,25	0,000	0,000
6	hutan	0,25	0,000	0,000
6	hutan	0,25	0,000	0,000
jumlah			1,46421	0,304

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup VII

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
7	kebun	0,45	0,100	0,045
7	kebun	0,45	0,001	0,000
7	kebun	0,45	0,001	0,000
7	kebun	0,45	0,013	0,006
7	semak belukar	0,01	0,313	0,003
7	semak belukar	0,01	0,079	0,001
7	permukiman	0,5	0,044	0,022
7	permukiman	0,5	0,066	0,033
7	hutan	0,25	0,000	0,000
7	hutan	0,25	0,000	0,000
7	hutan	0,25	0,000	0,000
7	hutan	0,25	0,000	0,000
7	hutan	0,25	0,000	0,000
7	hutan	0,25	0,000	0,000
7	hutan	0,25	0,000	0,000
	jumlah		0,618	0,111

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.17 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup VIII

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
8	hutan	0,25	1,046	0,262
8	kebun	0,45	0,177	0,080
8	semak belukar	0,01	0,032	0,000
8	semak belukar	0,01	0,486	0,005
8	permukiman	0,5	0,042	0,021
8	permukiman	0,5	0,001	0,000
8	hutan	0,25	0,000	0,000
8	hutan	0,25	0,000	0,000
8	hutan	0,25	0,000	0,000
8	hutan	0,25	0,000	0,000
8	hutan	0,25	0,000	0,000
8	hutan	0,25	0,000	0,000
	jumlah		1,786	0,368

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.18 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup IX

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
9	hutan	0,25	0,425	0,106
9	kebun	0,45	0,041	0,019
9	kebun	0,45	0,017	0,008
9	semak belukar	0,01	0,403	0,004
9	permukiman	0,5	0,003	0,001
9	permukiman	0,5	0,006	0,003
9	hutan	0,25	0,000	0,000
9	hutan	0,25	0,000	0,000
9	hutan	0,25	0,000	0,000
9	hutan	0,25	0,000	0,000
9	hutan	0,25	1,007	0,252
9	hutan	0,25	0,000	0,000
	jumlah		1,903	0,393

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.19 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup X

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
10	hutan	0,5	0,919	0,459
10	tegalan	0,4	0,000	0,000
10	kebun	0,45	0,021	0,009
10	semak belukar	0,01	0,476	0,005
10	permukiman	0,5	0,020	0,010
10	hutan	0,25	0,000	0,000
10	hutan	0,25	0,000	0,000
10	hutan	0,25	0,000	0,000
10	hutan	0,25	0,000	0,000
10	hutan	0,25	0,000	0,000
10	hutan	0,25	0,001	0,000
10	hutan	0,25	0,000	0,000
10	hutan	0,25	0,000	0,000
	jumlah		1,437	0,484

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.20 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup XI

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
11	tegalan	0,4	0,041	0,016
11	tegalan	0,4	0,010	0,004
11	tegalan	0,4	0,006	0,003
11	tegalan	0,4	0,036	0,014
11	kebun	0,45	0,514	0,231
11	kebun	0,45	0,006	0,003
11	semak belukar	0,01	0,143	0,001
11	semak belukar	0,01	0,010	0,000
11	permukiman	0,5	0,038	0,019
11	permukiman	0,5	0,013	0,006
11	permukiman	0,5	0,000	0,000
11	permukiman	0,5	0,022	0,011
11	permukiman	0,5	0,008	0,004
11	permukiman	0,5	0,032	0,016
11	hutan	0,25	0,000	0,000
11	hutan	0,25	0,000	0,000
11	hutan	0,25	0,000	0,000
11	hutan	0,25	0,543	0,136
11	hutan	0,25	0,001	0,000
11	hutan	0,25	0,000	0,000
jumlah			1,424	0,465

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.21 Perhitungan Koefisien Limpasan Rerata Sub DAS Clungup XII

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Koef C	Luas (Km2)	C x Luas
12	hutan	0,25	0,421	0,105
12	hutan	0,25	0,019	0,005
12	hutan	0,25	0,178	0,044
12	hutan	0,25	0,000	0,000
12	rawa	0,5	0,119	0,060
12	rawa	0,5	0,002	0,001
12	rawa	0,5	0,001	0,000
12	tegalan	0,4	0,013	0,005
12	tegalan	0,4	0,021	0,008
12	kebun	0,45	0,012	0,006
12	kebun	0,45	0,025	0,011
12	permukiman	0,5	0,072	0,036
12	hutan	0,25	0,000	0,000
12	hutan	0,25	0,000	0,000
12	hutan	0,25	0,000	0,000
12	hutan	0,25	0,000	0,000
12	hutan	0,25	0,000	0,000
12	hutan	0,25	0,000	0,000
12	hutan	0,25	0,001	0,000
12	hutan	0,25	0,011	0,003
12	hutan	0,25	0,000	0,000
12	hutan	0,25	0,000	0,000
12	hutan	0,25	0,000	0,000
	jumlah		0,896	0,285

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan Intensitas hujan rata-rata dan koefisien tampungan maka dapat di lakukan perhitungan debit banjir rancangan dengan menggunakan rumus metode rasional modifikasi dalam menentukan debit puncak, adalah sebagai berikut (Lewis K.V,1975: 9)

$$Q = 0,278.Cs.C.I.A$$

Contoh perhitungan :

$$Q = 0,278 \times 0,991 \times 0,25 \times 34,058 \times 0,132$$

$$= 0,311 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (pada sub DAS 1 penggunaan lahan hutan)}$$

dengan :

- Q = Debit puncak dengan kala ulang tertentu (m^3/det)
- I = Intensitas hujan rata-rata dalam t jam (mm/jam)
- C = Koefisien limpasan
- A = Luas daerah pengaliran (km^2)

C_s = Koefisien tampungan

0,278 = Faktor konversi

Hasil perhitungan seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4.22 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup I

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m ₃ /dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
1	hutan	0,311	0,544	0,678	0,837	0,925	0,989	1,141
1	hutan	0,185	0,324	0,404	0,498	0,551	0,588	0,679
1	hutan	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
1	hutan	0,017	0,030	0,038	0,047	0,051	0,055	0,063
1	hutan	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
1	hutan	1,254	2,197	2,738	3,378	3,735	3,991	4,608
1	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	1,768	3,097	3,860	4,761	5,265	5,626	6,495

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.23 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup II

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m ₃ /dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
2	hutan	1,912	3,349	4,174	4,174	5,694	5,694	7,024
2	kebun	0,276	0,483	0,601	0,601	0,456	0,821	1,012
2	kebun	1,497	2,623	3,269	3,269	4,459	4,459	5,501
2	kebun	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	3,685	6,454	8,045	8,045	10,610	10,974	13,538

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.24 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup III

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m ₃ /dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
3	hutan	0,154	0,270	0,336	0,415	0,459	0,490	0,566
3	hutan	0,198	0,347	0,433	0,534	0,591	1,010	1,166
3	tegalan	0,009	0,016	0,020	0,024	0,027	0,028	0,033
3	tegalan	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003
3	tegalan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	kebun	3,609	6,321	7,879	9,719	10,748	11,485	13,258
3	kebun	0,265	0,464	0,578	0,713	0,788	0,842	0,972
3	kebun	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
3	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	4,237	7,420	9,248	11,408	12,616	13,860	16,000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.25 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup IV

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m ₃ /dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
4	hutan	0,801	1,403	1,749	2,157	2,386	2,549	2,943
4	kebun	0,757	1,326	1,652	2,038	2,254	2,408	2,780
4	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	1,558	2,729	3,401	4,195	4,640	4,958	5,723

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.26 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup V

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m ₃ /dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
5	hutan	2,469	4,325	2,469	6,649	7,353	7,858	9,071
5	semak belukar	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
5	semak belukar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	semak belukar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	hutan	0,780	1,366	0,780	2,100	2,322	2,482	2,865
	jumlah	3,250	5,691	3,250	8,751	9,677	10,341	11,938

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.27 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup VI

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m ³ /dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
6	hutan	1,696	2,971	3,703	4,568	5,051	5,398	6,232
6	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	kebun	0,172	0,301	0,376	0,463	0,512	0,548	0,632
6	kebun	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
6	kebun	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
6	kebun	0,022	0,039	0,048	0,060	0,066	0,071	0,082
6	semak belukar	0,021	0,036	0,045	0,056	0,061	0,066	0,076
6	permukiman	0,027	0,048	0,060	0,074	0,082	0,087	0,101
6	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	1,939	3,396	4,233	5,222	5,775	6,171	7,124

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.28 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup VII

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m ³ /dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
7	kebun	0,241	0,423	0,527	0,650	0,719	0,768	0,886
7	kebun	0,003	0,005	0,006	0,007	0,008	0,008	0,010
7	kebun	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,006	0,006
7	kebun	0,031	0,053	0,067	0,082	0,091	0,097	0,112
7	semak belukar	0,017	0,029	0,037	0,045	0,050	0,053	0,062
7	semak belukar	0,004	0,007	0,009	0,011	0,013	0,013	0,016
7	permukiman	0,118	0,206	0,257	0,317	0,351	0,375	0,433
7	permukiman	0,176	0,308	0,383	0,473	0,523	0,559	0,645
7	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	hutan	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
7	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	0,591	1,035	1,290	1,592	1,760	1,881	2,172

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.29 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS ClungupVIII

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m3/dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
8	hutan	1,833	3,210	4,001	4,935	5,458	5,832	6,733
8	kebun	0,560	0,980	0,679	1,507	1,667	1,781	2,056
8	semak belukar	0,002	0,004	0,005	0,006	0,007	0,007	0,008
8	semak belukar	0,034	0,060	0,074	0,092	0,101	0,108	0,125
8	permukiman	0,149	0,260	0,324	0,400	0,442	0,473	0,546
8	permukiman	0,003	0,006	0,007	0,009	0,010	0,011	0,012
8	hutan	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
8	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	2,581	4,521	5,092	6,951	7,686	8,214	9,482

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.30 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup IX

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m3/dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
9	hutan	0,417	0,730	0,910	1,344	1,242	1,327	1,532
9	kebun	0,073	0,128	0,160	0,236	0,218	0,233	0,269
9	kebun	0,030	0,053	0,066	0,098	0,090	0,096	0,111
9	semak belukar	0,016	0,028	0,034	0,051	0,047	0,050	0,058
9	permukiman	0,006	0,010	0,012	0,009	0,016	0,018	0,020
9	permukiman	0,013	0,022	0,027	0,040	0,037	0,040	0,046
9	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	hutan	0,988	1,731	2,157	3,185	2,943	3,145	3,630
9	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	1,543	2,702	3,367	4,963	4,594	4,909	5,667

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.31 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup X

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m3/dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
10	hutan	1,078	1,888	2,353	2,902	3,209	3,429	3,959
10	tegalan	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
10	kebun	0,044	0,077	0,096	0,119	0,132	0,141	0,162
10	semak belukar	0,022	0,039	0,049	0,060	0,067	0,071	0,082
10	permukiman	0,047	0,082	0,102	0,126	0,139	0,149	0,172
10	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	hutan	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002
10	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	1,192	2,087	2,602	3,209	3,549	3,793	4,378

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.32 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup XI

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m3/dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
11	tegalan	0,067	0,118	0,147	0,182	0,201	0,215	0,248
11	tegalan	0,016	0,028	0,035	0,043	0,047	0,051	0,059
11	tegalan	0,011	0,019	0,023	0,029	0,032	0,034	0,039
11	tegalan	0,059	0,103	0,128	0,158	0,175	0,187	0,215
11	kebun	0,949	1,662	2,072	2,556	2,826	3,020	3,486
11	kebun	0,012	0,020	0,025	0,031	0,034	0,037	0,042
11	semak belukar	0,006	0,010	0,013	0,016	0,018	0,019	0,022
11	semak belukar	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
11	permukiman	0,078	0,137	0,171	0,211	0,233	0,249	0,288
11	permukiman	0,026	0,046	0,058	0,071	0,079	0,084	0,097
11	permukiman	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002
11	permukiman	0,045	0,079	0,099	0,122	0,135	0,144	0,166
11	permukiman	0,017	0,030	0,037	0,046	0,051	0,054	0,063
11	permukiman	0,065	0,114	0,142	0,175	0,194	0,207	0,239
11	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	hutan	0,557	0,975	1,216	1,500	1,658	1,772	2,046
11	hutan	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
11	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	1,910	3,345	4,169	5,143	5,687	6,077	7,016

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.33 Perhitungan debit banjir rancangan dengan Rumus Rasional Modifikasi Sub DAS Clungup XII

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Q (m ³ /dtk)						
		2	5	10	25	50	100	1000
12	hutan	0,499	0,873	1,088	1,342	1,485	1,586	1,831
12	hutan	0,023	0,040	0,049	0,061	0,067	0,072	0,083
12	hutan	0,211	0,369	0,460	0,567	0,627	0,670	0,773
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	rawa	0,141	0,247	0,308	0,380	0,420	0,449	0,519
12	rawa	0,003	0,005	0,006	0,008	0,008	0,009	0,010
12	rawa	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004
12	tegalan	0,025	0,043	0,054	0,067	0,074	0,079	0,091
12	tegalan	0,039	0,068	0,085	0,105	0,116	0,124	0,144
12	kebun	0,026	0,046	0,057	0,070	0,078	0,083	0,096
12	kebun	0,053	0,093	0,117	0,144	0,159	0,170	0,196
12	permukiman	0,170	0,149	0,371	0,458	0,507	0,541	0,625
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	hutan	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005
12	hutan	0,013	0,022	0,028	0,034	0,038	0,041	0,047
12	hutan	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	hutan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	jumlah	1,205	1,961	2,630	3,245	3,588	3,834	4,426

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.2 Analisa Frekuensi Data Debit di Sungai Clungup

Untuk keperluan analisis frekuensi debit banjir rancangan, dalam studi ini menggunakan metode *Log Pearson III*. Langkah perhitungan yang dilakukan sama dengan langkah perhitungan untuk menganalisis curah hujan rancangan.

Data debit maksimum tahunan yang terjadi di Sub DAS Clungup dapat dilihat pada di bawah ini

Tabel 4.34 Data Debit Maksimum Tahunan

No	Tahun	Debit Maks
1	2004	0,239
2	2001	0,633
3	1999	0,658
4	2008	0,848
5	2006	0,884
6	2005	1,014
7	2002	1,277
8	2003	1,359
9	2000	1,459
10	2007	1,699

Hasil : Analisa

Debit banjir rancangan yang dihasilkan dari perhitungan untuk kala ulang 2,5,10,25,50,100, dan 1000 tahun dapat dilihat pada table 4.1.8.

Tabel 4.35 Analisa Frekuensi Debit Banjir Rancangan

No.	Tahun	Xi (mm)	P (%)	Log Xi	Log Xi-Log X	(Log Xi-Log X) ³
1	2004	0,239	9,0909	-0,62	-0,57	-0,187617
2	2001	0,633	18,1818	-0,20	-0,15	-0,003347
3	1999	0,658	27,2727	-0,18	-0,13	-0,002355
4	2008	0,848	36,3636	-0,07	-0,02	-0,000012
5	2006	0,884	45,4545	-0,05	-0,01	0,000000
6	2005	1,014	54,5455	0,01	0,05	0,000164
7	2002	1,277	63,6364	0,11	0,15	0,003722
8	2003	1,359	72,7273	0,13	0,18	0,006018
9	2000	1,459	81,8182	0,16	0,21	0,009615
10	2007	1,699	90,9091	0,23	0,28	0,021701
Jumlah		10,07		-0,49		-0,152111
Rerata		1,01		-0,05		
Stand. Dev		0,39		0,25		
Koef. Kemencengan (Cs)				-1,39		

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.36 Perhitungan debit banjir rancangan dengan berbagai kala ulang

No	Tr (tahun)	R rata-rata (Log)	Std Deviasi (log)	Kemencengan (Cs)	Peluang (%)	K	Debit Rancangan	
							Log	mm
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	1,01	-0,05	0,25	-1,39	99	-3,320	0,87	7,41
2	2	-0,05	0,25	-1,39	50	0,225	0,01	1,02
3	5	-0,05	0,25	-1,39	20	0,875	0,17	1,47
4	10	-0,05	0,25	-1,39	10	1,092	0,22	1,67
5	25	-0,05	0,25	-1,39	4	1,239	0,26	1,81
6	50	-0,05	0,25	-1,39	2	1,278	0,27	1,85
7	100	-0,05	0,25	-1,39	1	1,284	0,27	1,86
8	1000	-0,05	0,25	-1,39	0,1	1,140	0,23	1,71

Sumber : Hasil Analisa

4.2.2.1. Kesesuaian Distribusi

4.2.2.1.1 Uji Chi Square

Langkah perhitungan untuk uji Chi Square pada data debit sama dengan langkah perhitungan untuk uji Chi Square pada data hujan.

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada table di bawah ini

Tabel 4.37. Perhitungan curah hujan untuk masing-masing kelas

No.	Pr	K	Log X	X	Batas Kelas	Oi	Ei	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	75	-0,731	1,673	47,097	$X \leq 0,49$	1	2,5	0,9
2	50	-0,039	1,877	75,318	$0,49 < X < 0,98$	4	2,5	0,9
3	25	0,695	2,094	124,052	$0,98 < X < 1,47$	3	2,5	0,1
4					$X \geq 1,47$	2	2,5	0,1
Jumlah						10	10	2,0

Sumber : Hasil Perhitungan

4.38. Perhitungan Chi-Square

No	Kelas	Batas Kelas		Frekuensi Teoritis (Ej)	Frekuensi Pengamatan (Oj)	X^2_{Hit} (mm)
		(%)	(mm)			
1	I	0 - 25	0 - 0,49	2,5	1	0,9
2	II	25 - 50	0,49 - 0,98	2,5	4	0,9
3	III	50 - 75	0,98 - 1,47	2,5	3	0,1
4	IV	75 ~	1,47 ~	2,5	2	0,1
				Jumlah	10	2

Sumber : Hasil Perhitungan

Rerata $(\log X) = -0,05$

Std.Dev $(S \log X) = 0,25$

Jumlah sebaran kelas :

$$G = 1 + 3,322 \log n = 1 + 3,322 \log 10 = 4,322 \approx 4$$

$$dk = G - R - 1 = 4 - 2 - 1 = 1$$

Tabel 4.39. Keputusan Chi - Square

No.	α	X^2_{tabel}	X^2_{hit}	Keterangan	
1	1%	6.635	2	$X^2_{hit} < X^2_{tabel}$	Distribusi dapat diterima
2	5%	3.841	2	$X^2_{hit} < X^2_{tabel}$	Distribusi dapat diterima

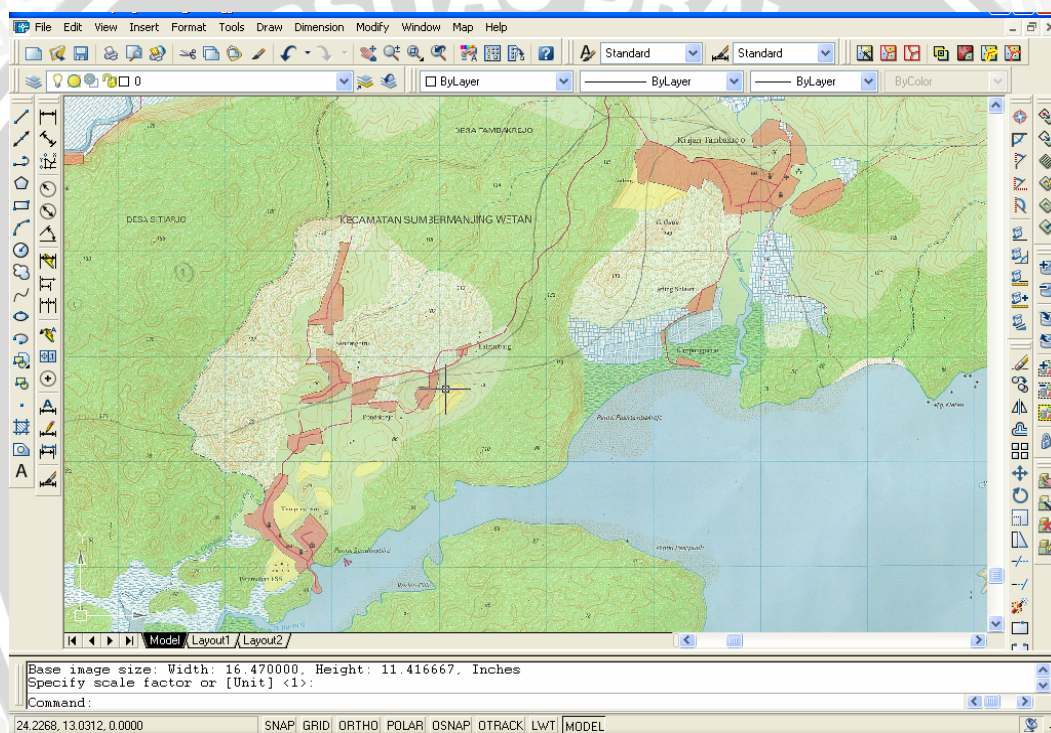
untuk α 5% dan $dk = 1$, maka $X^2_{tabel} = 6.635$, dan $X^2_{hitung} = 0,4$, sehingga $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$ dapat diartikan distribusi sesuai / diterima.

4.3. Persiapan pengolahan data input pemodelan HEC-HMS

4.3.1 Penentuan Batas Das

Penentuan batas DAS pada studi ini menggunakan bantuan software ArcView GIS 3.2. Dalam menentukan batas DAS pada ArcView GIS 3.2 dibutuhkan beberapa *extension* sebagai alat bantu antara lain *GeoProcessing Wizard*, *Spatial Analyst*, *Hydrologic Modelling*, *3D Analyst*, *Xtools* dan *AVSWAT 2000*. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penggambaran batas DAS :

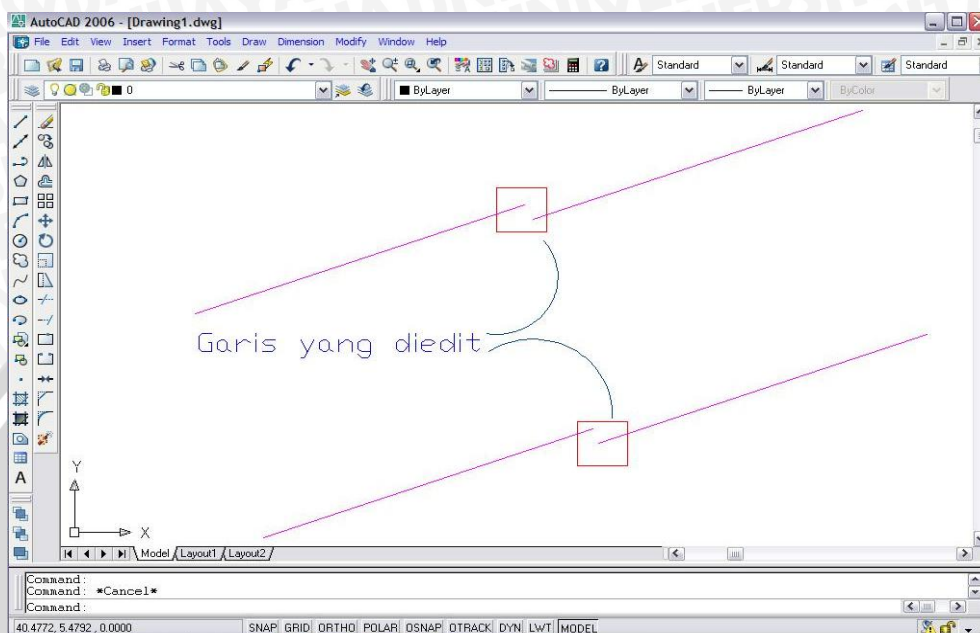
1. Mempersiapkan peta topografi digital dengan skala 1:25.000 dari BAKOSURTANAL yang meliputi wilayah DAS Clungup. Format *file* dalam program autocad (*.dwg) ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 4.1 Tampilan peta dengan indeks 1607-412 Sitiarjo

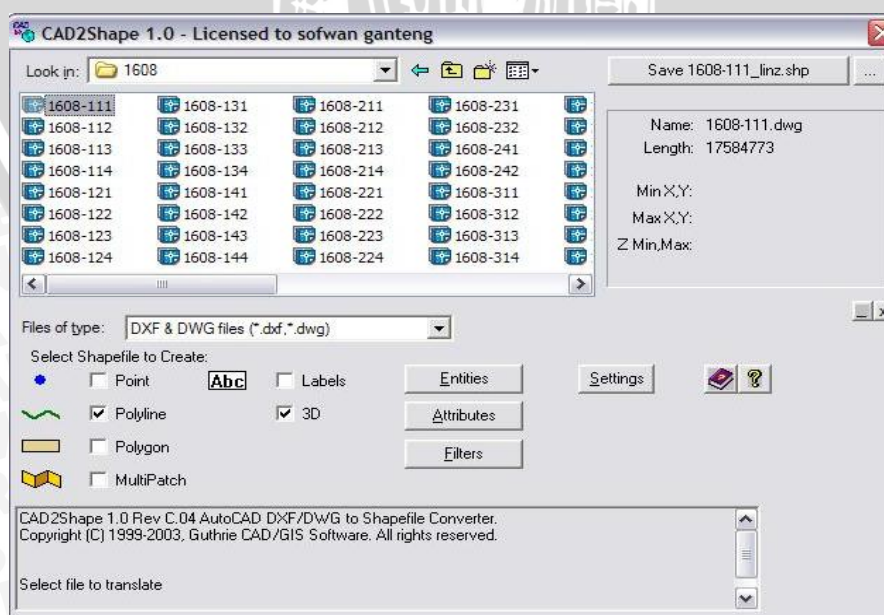
2. *site* peta di atas digabungkan pada Autocad sesuai dengan koordinat pertemuannya yaitu koordinat *Universal Transfer Mercator (UTM)*.
3. Selanjutnya hasil penggabungan peta tersebut tidak dapat sepenuhnya tergabung. Oleh karena itu perlu dilakukan proses pemeriksaan dan perbaikan yakni proses *editing*. Pada proses ini yang perlu diperhatikan adalah :
 - Pemeriksaan terhadap jenis garis yang terdapat pada tiap *site* peta yang digabung. Apabila jenis garis berupa *polyline*, maka garis tersebut tidak perlu di *edit*. Sedangkan bila terdapat jenis garis berupa *3D polyline*, maka garis tersebut harus di *explode* (pemisahan) agar jenis garisnya berubah menjadi *line*.

- Pada tepi pertemuan peta gabungan, terdapat garis yang tidak tersambung secara sempurna. Garis ini perlu perbaikan agar tergabung secara sempurna.
- Selanjutnya semua garis dapat di *joint* (penggabungan), agar pada semua garis kontur didapatkan jenis garis yang sama yaitu *polyline*.



Gambar 4.2 Tampilan proses editing

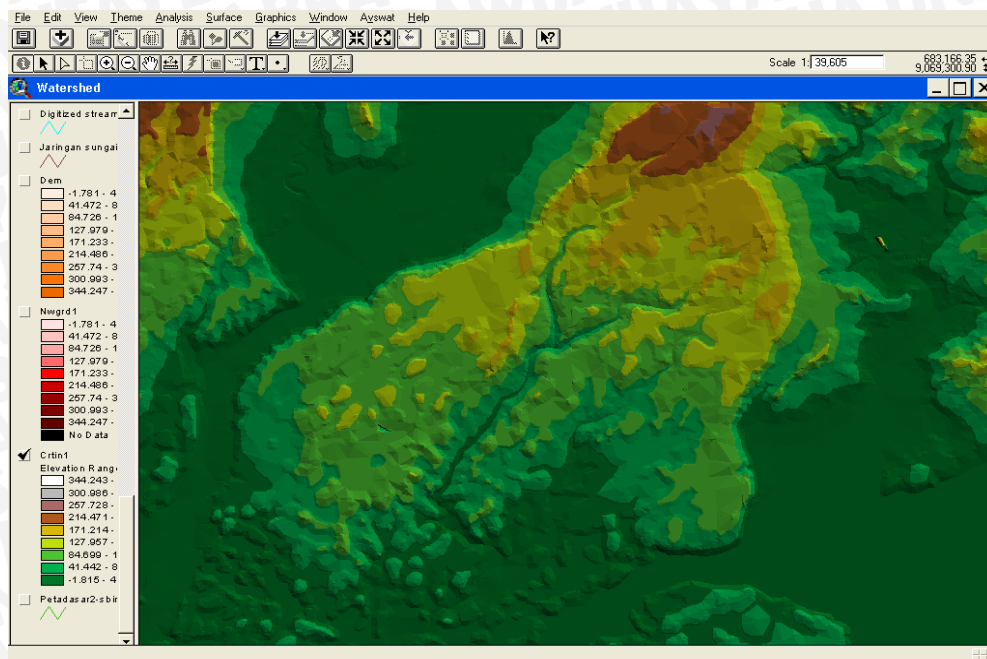
4. Format *file* dalam program autocad (*.dwg). Setelah diolah dengan *Autocad*, selanjutnya *file* tersebut disimpan dalam format (*.dwg). kemudian peta di *ekspor* *polyline* kontur ke dalam format *file* program *ArcView* (*.shp) dengan bantuan program *CAD2Shape* 1.0. Contoh tampilan program ini pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Tampilan CAD2Shape

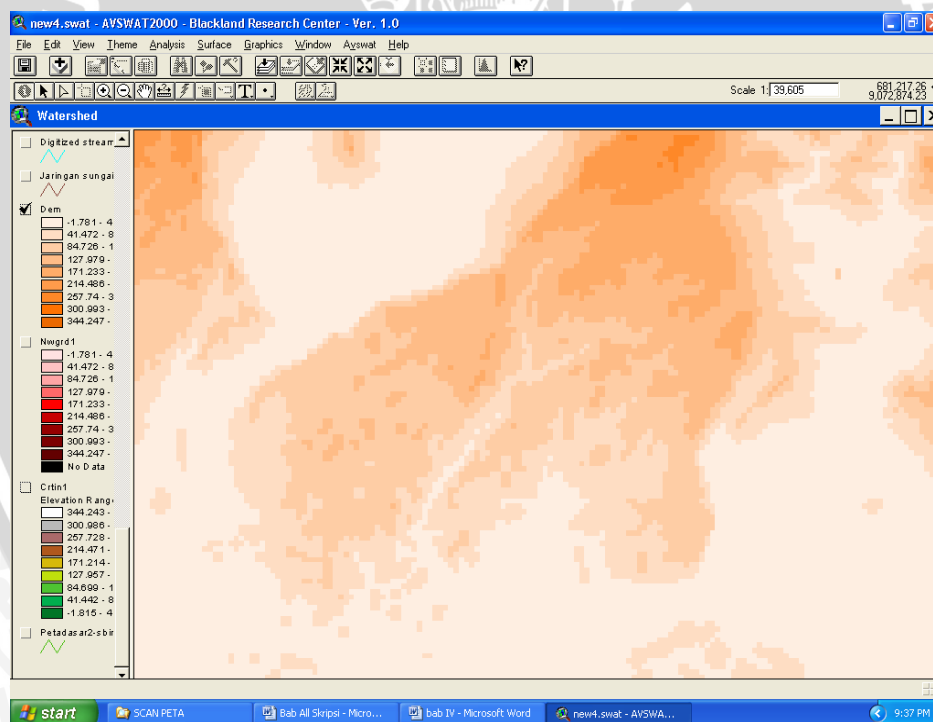
Proses pemilihan *polyline* kontur peta topografi pada program *CAD2Shape* 1.0 tersebut didasarkan pada kode unsur topografi, dimana setiap kode mewakili satu layer dan satu unsur topografi sebagai berikut :

- 3212 : garis kontur (12,5 m).
 - 3222 : garis kontur indeks (50 m).
 - 3232 : garis kontur antara (6,25m).
 - 3242 : garis kontur depresi (12,5 m).
 - 3282 : garis kontur depresi, indeks (50 m).
 - 3292 : garis kontur depresi, garis antara (6,25 m).
 - 3512 : garis kontur (12,5 m).
 - 3522 : garis kontur indeks (50 m).
 - 3532 : garis kontur antara (6,25 m).
 - 3542 : garis kontur depresi (12,5 m).
 - 3582 : garis kontur depresi, indeks (50 m).
 - 3592 : garis kontur depresi, garis antara (6,25 m).
5. Hasil *file* yang didapatkan pada program *CAD2Shape* 1.0 adalah berformat (*.*shp*), sesuai dengan *layer* yang dipilih. Dalam hal ini *layer* yang di_eksport *polyline* yaitu *layer* topografi.
 6. Selanjutnya menjalankan program *ArcView GIS* 3.2 dan membuat *view* untuk batas DAS. Kemudian mengatur sistem proyeksi yang digunakan pada *view properties*. Kontur dan sungai yang sudah dalam format *file* (*.*shp*) tersebut di_input.
 7. Hasil gabungan peta, dibangkitkan ke dalam *DEM* dalam bentuk 3 dimensi dengan format *TIN* (*Triangular Irregular Network*) dari *toolbar surface* dengan pilihan *option* adalah *create TIN from features*



Gambar 4.4 Tampilan DEM dalam format tin

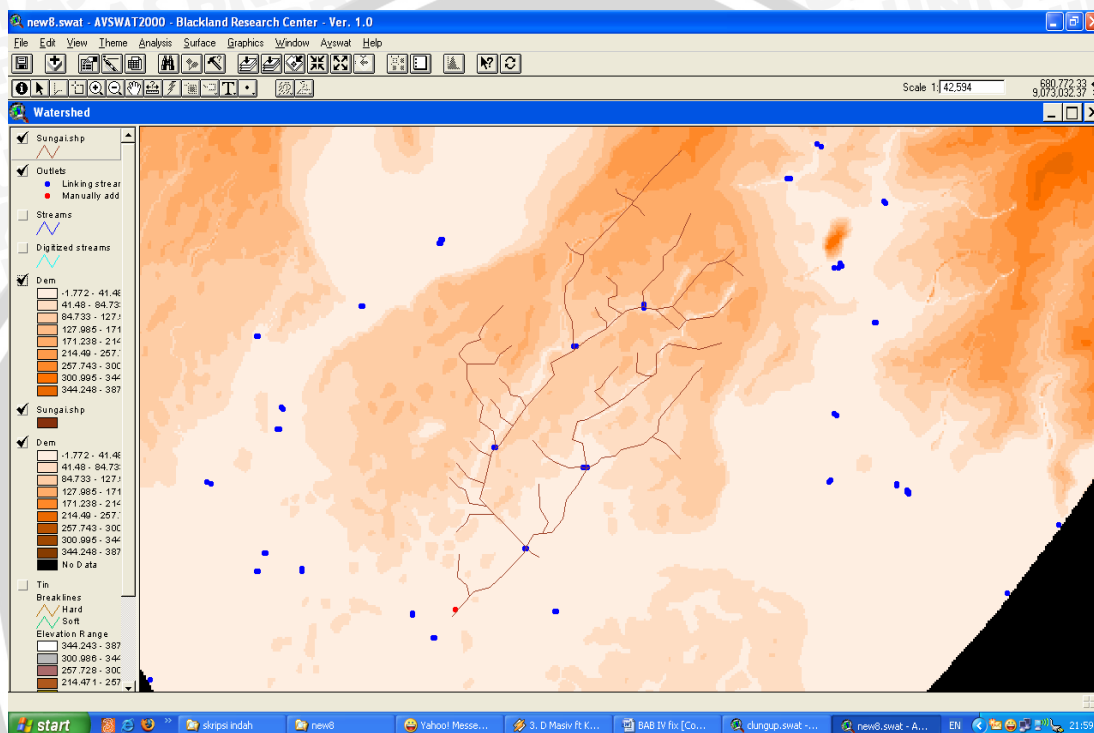
8. DEM dikonversi dari format TIN ke dalam struktur format grid dengan ukuran sel 25 m x 25 m. Perintah yang digunakan adalah *convert to grid*.



Gambar 4.5 Tampilan DEM dalam format grid

9. Deliniasi DAS atau biasa disebut penelusuran batas DAS dilakukan dengan bantuan *extensions AVSWAT 2000*. Pada tahapan ini, *theme grid* yang sudah diidentifikasi dimasukkan ke dalam DEM *setup*. Selanjutnya sungai.shp di *inputkan* dalam pembuatan DEM, sehingga dengan tombol *apply* dapat diperoleh *theme DEM* dan *theme Digitized Stream Network*.

10. Tahapan selanjutnya pada deliniasi DAS adalah mendefinisikan sungai dan outlet dalam DEM. Proses ini akan menghasilkan *theme stream* (sungai) dan *theme outlet* (outlet sub DAS), dengan menginputkan nilai *threshold area* (daerah yang akan di definisikan sebagai sub DAS). Nilai *threshold area* ini coba-coba, hingga didapatkan sungai, anak sungai dan outlet sub DAS hampir sama dengan peta sungai dari BAKOSURTANAL. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan hasil sungai *digital* yang hampir sama dengan kondisi di lapangan.



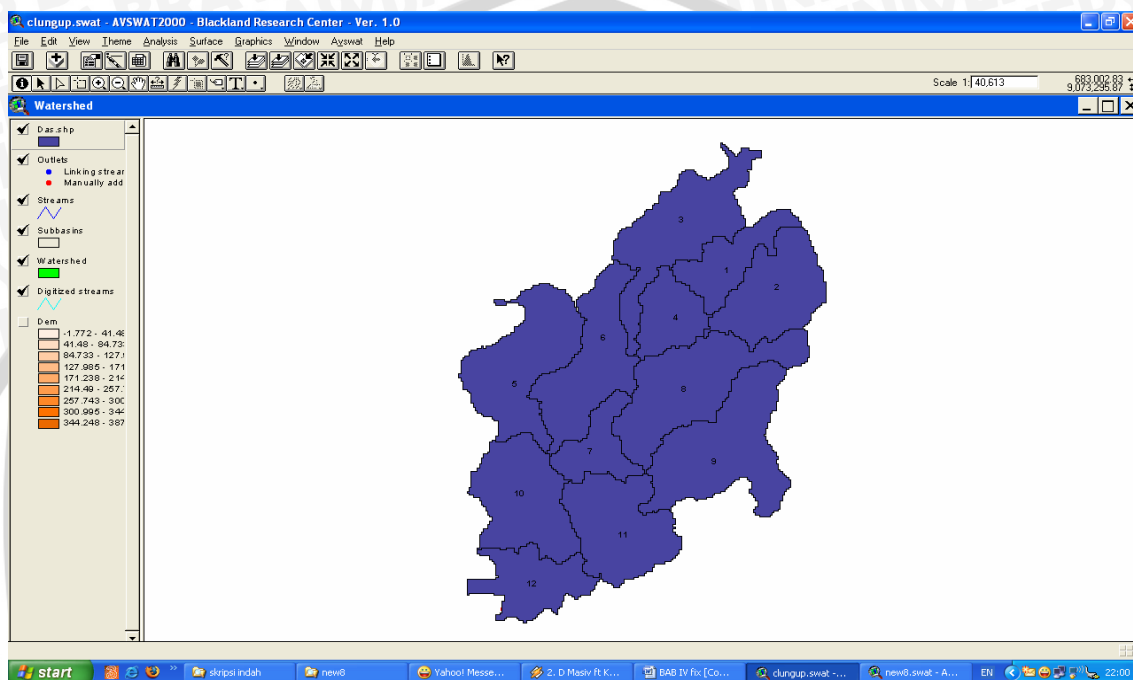
Gambar 4.6 Tampilan hasil pendefinisian sungai dan outlet

11. Tahapan terakhir pada deliniasi DAS adalah mendefinisikan batas DAS dan batas Sub DAS dalam DEM. Pemilihan outlet DAS dengan tombol *select*, maka akan didapatkan *theme watershed* (batas DAS). Hal yang perlu diperhatikan adalah apabila terdapat outlet yang tidak terdapat pada *theme outlet*, maka perlu penambahan titik outlet dengan tombol *add* pada *toolbar watershed delineation*.

- **Penentuan Letak Outlet.**

Penentuan titik outlet ini didasarkan pada kebagusan file data topografi karena daerah studi termasuk wilayah DAS bagian hili-muara. Sedangkan pada karakteristik daerah muara data topografi memiliki nilai interval bacaan elevasi hanya 12, meteran. Sehingga daerah- daerah landai bagian muara tidak

tergambarkan elevasi konturnya. Sehingga DEM yang akan terbentuk di daerah muara tidak menggambarkan elevasi konturnya. Sehingga DEM yang akan terbentuk di daerah muara tidak memiliki nilai ketinggian tidak bagus (jelek). Berdasarkan penjelasan di atas untuk penentuan titik outlet dipilih pada lokasi yang memiliki nilai bacaan elevasi paling akhir, yang masih dapat membentuk bacaan sungai sesuai dengan Bakosurtanal.



Gambar 4.7. Tampilan Hasil Pendefinisian Batas DAS dan Sub DAS

12. Namun bila terdapat outlet yang tidak diinginkan maka dapat dilakukan penghapusan titik *outlet* dengan tombol *remove* (hapus). Tampilan tahapan ini dapat dilihat pada gambar 4.7 dimana dihasilkan 12 sub Gambar 4.7 Tampilan hasil Gambar Tampilan Hasil Pendefinisian Batas DAS dan Sub DAS
13. Data *spasial* dan *atribut* yang didapatkan dalam semua proses pembangkitan *DEM* dan deliniasi DAS dengan *extensions AVSWAT 2000*, akan digunakan pada tahapan analisa data spasial dan data atribut selanjutnya.
14. Tabel-tabel (*atribut*) hasil dari pembangkitan *DEM* dan deliniasi DAS dengan *extensions AVSWAT 2000*, perlu dipindahkan ke dalam *worksheet* program *excel* agar dapat di olah maupun diubah. Adapun proses yang perlu dilakukan sebagai berikut :
 - Aktifkan tabel yang ingin ditransfer dalam *Arcview 3.2*.

- Pada *toolbar file* pilih *export*, kemudian pilih *format* yang diinginkan. Dalam hal ini, *format exportnya* yaitu *dBASE*.
- Simpan *filenya* dan beri nama *file*, maka *file* ini dapat dibuka pada program *excel* untuk diedit.
- Selanjutnya proses *exsport* ini digunakan seterusnya pada kondisi yang sama.

4.3.2 Input Data HEC- HMS 3.2.

Pada tahapan ini hasil dari pengolahan data melalui Arc View 3.2. akan diimport ke dalam HEC-HMS 3.2. Langkah- langkah dalam tahapan ini adalah sebagai berikut:

4.3.2.1. Creating Project

Membuat project baru dengan memberi nama project agar mudah disimpan pada sebuah *directory* pada *toolbar File*.

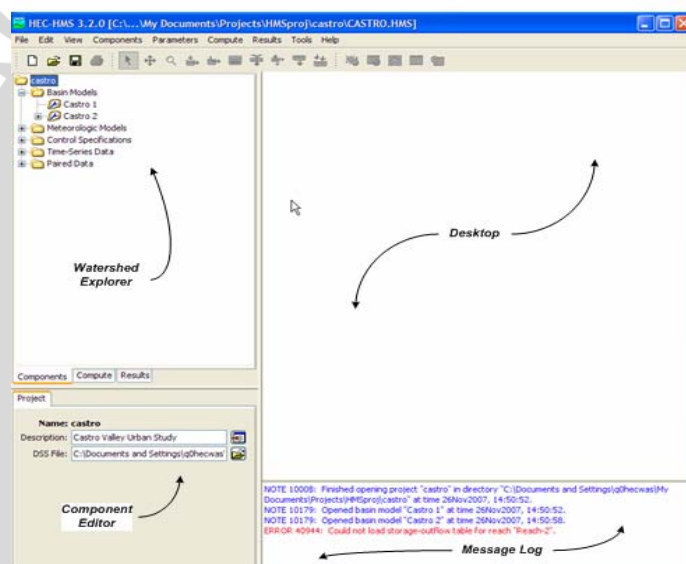
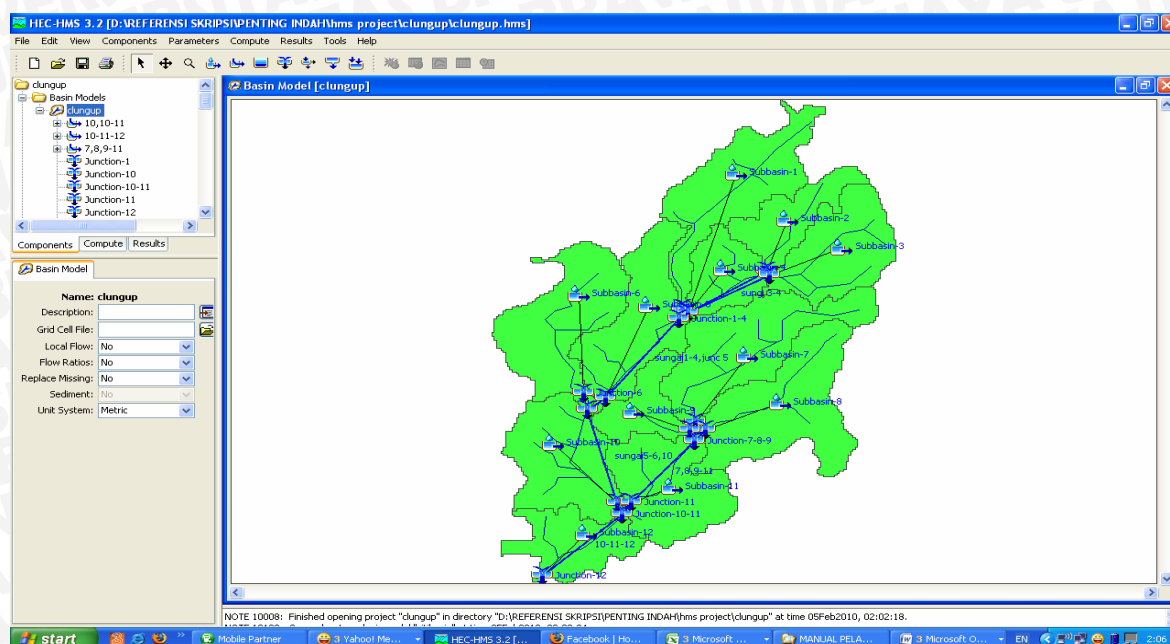


Figure 1. The main program screen with Watershed Explorer in the upper-left corner.

Gambar 4.8 Tampilan pada HEC- HMS 3.2

4.3.2.2. Basin Model Attributes

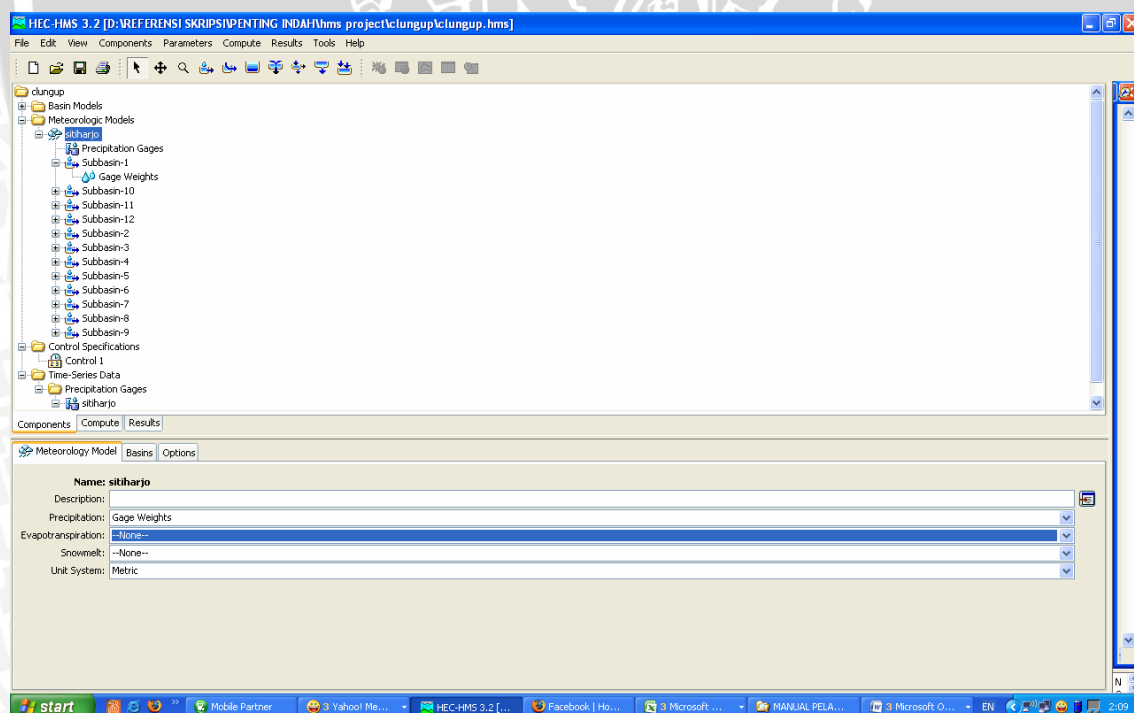
Selanjutnya pada *toolbar Component* melalui perintah *Basin Model* akan mengimport subbasin yang sudah diolah melalui Arc View 3.2. yaitu batas DAS



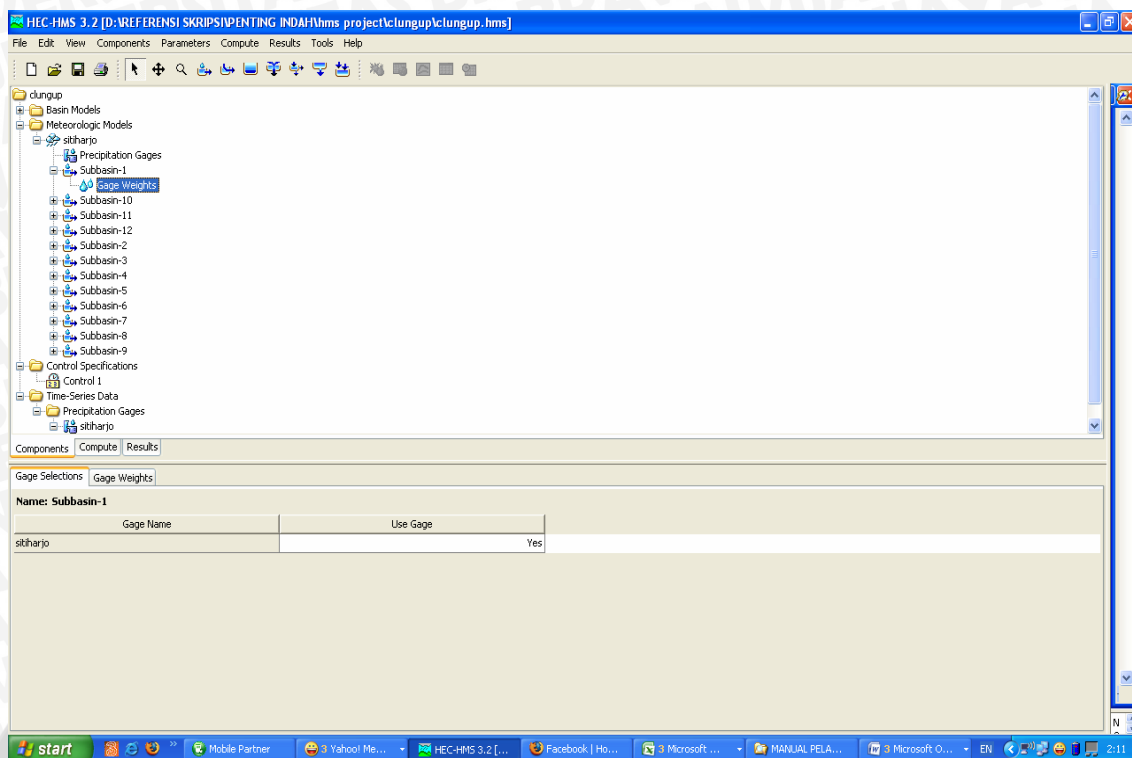
Gambar 4.9 Tampilan hasil *import map file* batas DAS Clungup

4.3.2.3. Input Data meteorologic Model

Pada *toolbar Component* melalui perintah *Meteorologic Model* dengan pilihan *new* akan mengidentifikasi stasiun hujan yang terdekat pada masing-masing subbasin. Tahapan ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



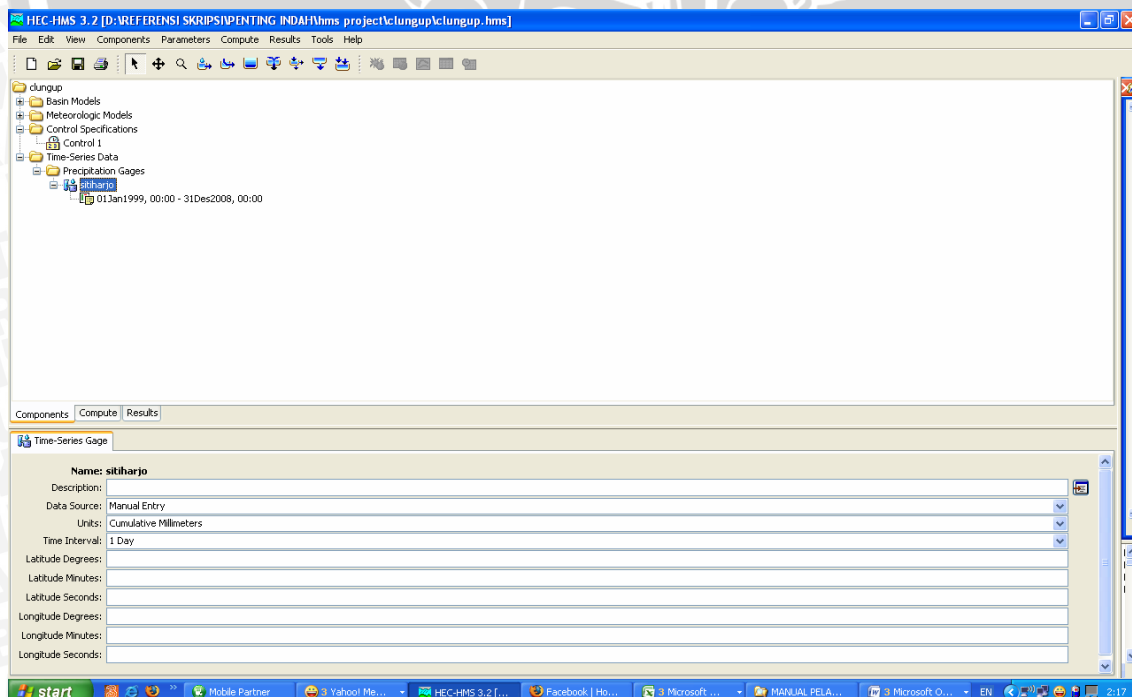
Gambar 4.10 Tampilan pada *Meteorologic Model*



Gambar 4.10 Tampilan pada *Meteorologic Model Subbasin list*

4.3.2.4. Input Data Hujan

Selanjutnya pada toolbar Data melalui perintah *Precipitation Gages*, kita akan mengisi data hujan pada stasiun hujan dimana dalam studi ini data yang dibutuhkan adalah 10 tahun. Tahapan ini dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 4.11 Tampilan pada *Precipitation Gages* stasiun hujan yang bersangkutan

Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
01-Jan-1999, 00:00	23,000
02-Jan-1999, 00:00	0,0
03-Jan-1999, 00:00	21,000
04-Jan-1999, 00:00	0,0
05-Jan-1999, 00:00	0,0
06-Jan-1999, 00:00	0,0
07-Jan-1999, 00:00	0,0
08-Jan-1999, 00:00	0,0
09-Jan-1999, 00:00	29,000
10-Jan-1999, 00:00	4,0000
11-Jan-1999, 00:00	2,0000
12-Jan-1999, 00:00	35,000
13-Jan-1999, 00:00	0,0
14-Jan-1999, 00:00	0,0
15-Jan-1999, 00:00	0,0
16-Jan-1999, 00:00	0,0
17-Jan-1999, 00:00	3,0000
18-Jan-1999, 00:00	10,0000
19-Jan-1999, 00:00	32,000
20-Jan-1999, 00:00	36,000
21-Jan-1999, 00:00	0,0
22-Jan-1999, 00:00	0,0
23-Jan-1999, 00:00	0,0
24-Jan-1999, 00:00	23,000

Gambar 4.12 Tampilan pada Input Data pada *Precipitation Gages*

4.3.2.5. Parameterisasi Basin Model

Parameter lahan pada basin model yang harus diinput pada pemodelan HEC-HMS adalah *Loss Rate*, *Transform*, dan *Baseflow Method* dalam *Subbasin editor*.

Parameter *Basin Loos Rate*

a. Parameter Basin Loos Rate

Pengisian parameter basin model ini merupakan nilai dan koefisien karakteristik pengaliran lahan masing-masing sub Basin. Nilai dan koefisien tersebut adalah

1. *Initial Loos (mm)*

Karakteristik lahan sebagai kemampuan untuk meresapkan air (mm). Berdasarkan tidak adanya data untuk nilai tersebut maka nilai *Initial loos* ditentukan dengan cara coba-coba sehingga didapatkan hasil pemodelan sama dengan lapangan pada nilai debit di sungai.

No	Sub Basin	Nilai CN (mm)
1	Sub basin 1	2,5
2	Sub basin 2	2,5
3	Sub basin 3	2,5
4	Sub basin 4	2,5
5	Sub basin 5	2,5
6	Sub basin 6	2,5
7	Sub basin 7	2,5
8	Sub basin 8	2,5
9	Sub basin 9	2,5
10	Sub basin 10	2,5
11	Sub basin 11	2,5
12	Sub basin 12	2,5

Sumber : Pengolahan data

2. SCS Curve Number

Karakteristik lahan sebagai koefisien pengaliran dilahan berdasarkan nilai CN yang ditentukan berdasarkan pada tabel berasal dari daerah beriklim sedang, namun demikian tabel tersebut cukup memadai untuk digunakan sebagai pengganti apabila nilai CN untuk daerah setempat belum tersedia (Chay Asdak, 2002 : 183). Nilai CN pada tabel tersebut hanya berlaku untuk keadaan kelembaban awal II, yaitu nilai rata-rata untuk banjir tahunan. Faktor koreksi untuk keadaan kelembaban awal yang lain dapat diperoleh antara lain dalam Schwab et al. (1982).

No	Sub Basin	Nilai CN (mm)
1	Sub basin 1	83,2
2	Sub basin 2	81,353
3	Sub basin 3	76,44
4	Sub basin 4	76,474
5	Sub basin 5	78,02
6	Sub basin 6	72,066
7	Sub basin 7	80,312
8	Sub basin 8	77,182
9	Sub basin 9	93,024
10	Sub basin 10	79,842
11	Sub basin 11	82,698
12	Sub basin 12	77,406

Sumber : Pengolahan data

3. Impervious

Karakteristik lahan yang berpengaruh pada daerah yang bersifat kedap air, sehingga data yang dibutuhkan pada studi ini berpengaruh pada data karakteristik pada tiap sub basin

No	Sub Basin	Nilai Im (%)
1	Sub basin 1	0,1
2	Sub basin 2	0,1
3	Sub basin 3	0,1
4	Sub basin 4	0,1
5	Sub basin 5	0,1
6	Sub basin 6	0,1
7	Sub basin 7	0,1
8	Sub basin 8	0,1
9	Sub basin 9	0,1
10	Sub basin 10	0,1
11	Sub basin 11	0,1
12	Sub basin 12	0,1

Sumber : Pengolahan data

4. Muskingum

Metode ini memodelkan volume tampungan banjir di alur sungai, nilai K diperkirakan dari waktu perjalanan air di sungai, sedangkan nilai x dilakukan dengan kalibrasi. Untuk itu nilai Muskingum juga kita isi berapa besaran nilainya.

No	Sub Basin	nilai K	nilai x
1	Subbasin 1	36	0,18
2	Subbasin 2	36	0,18
3	Subbasin 3	36	0,18
4	Subbasin 4	36	0,18
5	Subbasin 5	36	0,18
6	Subbasin 6	36	0,18
7	Subbasin 7	36	0,18
8	Subbasin 8	36	0,18
9	Subbasin 9	36	0,18
10	Subbasin 10	36	0,18
11	Subbasin 11	36	0,18
12	Subbasin 12	36	0,18

Sumber : Pengolahan data

b. Parameter *Basin Transfrom* (*Snyder*)

Pengisian parameter basin model ini merupakan nilai dan koefisien karakteristik pengaliran lahan yang mengalir ke sungai pada masing-masing sub Basin. Dalam studi ini menggunakan metode Snyder untuk menentukan debit rancangan yang

berpengaruh terhadap koefisien C_p dan koefisien t_p sehingga untuk memperoleh hasil yang sama dengan perhitungan lapangan ditentukan dengan cara coba-coba.

No	Sub Basin	C_p	T_p
1	Sub basin 1	0,2	1,1
2	Sub basin 2	0,2	1,1
3	Sub basin 3	0,2	1,1
4	Sub basin 4	0,2	1,1
5	Sub basin 5	0,2	1,1
6	Sub basin 6	0,2	1,1
7	Sub basin 7	0,2	1,1
8	Sub basin 8	0,2	1,1
9	Sub basin 9	0,2	1,1
10	Sub basin 10	0,2	1,1
11	Sub basin 11	0,2	1,1
12	Sub basin 12	0,2	1,1

Sumber : Pengolahan data

Tabel 4.40 Rekapitulasi Parameter yang berpengaruh

Model	Konsep Metode Simulasi	Parameter yang berpengaruh		
HEC HMS	SCS Curve Number Snyder Hydrograph Muskingum Routing	CN		
		Subbasin 1	83,2	mm
		Subbasin 2	81,353	mm
		Subbasin 3	76,44	mm
		Subbasin 4	76,474	mm
		Subbasin 5	78,02	mm
		Subbasin 6	72,066	mm
		Subbasin 7	80,312	mm
		Subbasin 8	77,182	mm
		Subbasin 9	93,024	mm
		Subbasin 10	79,842	mm
		Subbasin 11	82,698	mm
		Subbasin 12	77,406	mm
		IL	2,5	mm
		Impeviousness(%)	0,1	
		Lg time (hr)	1,1	
		C_p	0,2	
		Muskingum :		
		K	36	
		x	0,18	

Sumber : Pengolahan data

Keterangan

CN	Curve Number
IL	Initial Loss (mm)
Imperviousness	Lapisan kedap air (%)
Lag Time	Waktu puncak (hr)
C_p	Koefisien puncak

4.3.2.6. Pengolahan data Tata Guna Lahan

Tabel 4.41 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup I

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km ²)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	0,13	0,1757	12,65
2	hutan	72	0,08	0,1046	7,53
3	hutan	72	0,00	0,0002	0,01
4	kebun	85	0,01	0,0098	0,83
5	kebun	85	0,00	0,0003	0,03
6	kebun	85	0,53	0,7094	60,30
7	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
8	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
9	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
10	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
		Jumlah	0,75	1,00	81,35

Sumber: Pengolahan data

Tabel 4.42 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup II

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km ²)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	0,85	0,6600	47,52
2	kebun	85	0,07	0,0528	4,49
3	kebun	85	0,37	0,2871	24,41
4	kebun	85	0,00	0,0000	0,00
5	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
6	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
7	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
8	hutan	72	0,00	0,0003	0,02
		Jumlah	1,29	1,00	76,44

Sumber: Pengolahan data

Tabel 4.43 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup III

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	0,10	0,0614	4,42
2	hutan	72	0,13	0,0790	5,69
3	tegalan	95	0,00	0,0022	0,21
4	tegalan	95	0,00	0,0002	0,02
5	tegalan	95	0,00	0,0000	0,00
6	kebun	85	1,28	0,7985	67,88
7	kebun	85	0,09	0,0586	4,98
8	kebun	85	0,00	0,0001	0,01
9	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
10	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
11	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
12	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
		Jumlah	1,61	1,00	83,20

Sumber: Pengolahan data

Tabel 4.44 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup IV

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	0,45	0,655811	47,22
2	kebun	85	0,24	0,344188	29,26
3	hutan	72	0,00	0,000000	0,00
4	hutan	72	0,00	0,000000	0,00
		Jumlah	617,65	1,00	76,47

Tabel 4.45 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup V

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	1,25	0,76	54,55
2	semak belukar	94	0,00	0,00	0,26
3	semak belukar	94	0,00	0,00	0,00
4	semak belukar	94	0,00	0,00	0,01
5	hutan	72	0,39	0,24	17,23
		Jumlah	1,65	1,00	72,07

Sumber: Pengolahan data

Tabel 4.46 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup VI

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	1,06	0,7268	52,33
2	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
3	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
4	kebun	85	0,06	0,0410	3,48
5	kebun	85	0,00	0,0000	0,00
6	kebun	85	0,00	0,0001	0,01
7	kebun	85	0,01	0,0053	0,45
8	semak belukar	94	0,32	0,2209	20,76
9	permukiman	98	0,01	0,0059	0,98
10	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
11	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
12	hutan	72	0,00	0,0000	0,00
Jumlah			1,46	1,00	78,02

Sumber: Pengolahan data

Tabel 4.47 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup VII

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	kebun	85	0,10	0,16237	13,80
2	kebun	85	0,00	0,00177	0,15
3	kebun	85	0,00	0,00117	0,10
4	kebun	85	0,01	0,02055	1,75
5	semak belukar	94	0,31	0,50753	47,71
6	semak belukar	94	0,08	0,12825	12,06
7	permukiman	98	0,04	0,07134	6,99
8	permukiman	98	0,07	0,10636	10,42
9	hutan	72	0,00	0,00000	0,00
10	hutan	72	0,00	0,00001	0,00
11	hutan	72	0,00	0,00000	0,00
12	hutan	72	0,00	0,00000	0,00
13	hutan	72	0,00	0,00058	0,04
14	hutan	72	0,00	0,00003	0,00

15	hutan	72	0,00	0,00004	0,00
Jumlah		0,62	1,00	93,02	

Sumber: Pengolahan data

Tabel 4.48 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup VIII

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	1,046	0,5858	42,178
2	kebun	85	0,177	0,0994	8,448
3	semak belukar	94	0,032	0,0181	1,704
4	semak belukar	94	0,486	0,2723	25,593
5	permukiman	98	0,042	0,0237	2,327
6	permukiman	98	0,001	0,0005	0,052
7	hutan	72	0,000	0,0001	0,006
8	hutan	72	0,000	0,0000	0,001
9	hutan	72	0,000	0,0000	0,001
10	hutan	72	0,000	0,0000	0,001
11	hutan	72	0,000	0,0000	0,000
12	hutan	72	0,000	0,0000	0,001
Jumlah			1,786	1,000	80,312

Sumber: Pengolahan data

Tabel 4.49 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup IX

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	0,4250	0,2234	16,0825
2	kebun	85	0,0415	0,0218	1,8521
3	kebun semak	85	0,0172	0,0090	0,7665
4	belukar	94	0,4026	0,2116	19,8906
5	permukiman	98	0,0028	0,0015	0,1452
6	permukiman	98	0,0064	0,0034	0,3290
7	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0001
8	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0002
9	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0000
10	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0003
11	hutan	72	1,0072	0,5294	38,1150
12	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0001
Jumlah			1,9026	1	77,18154

Sumber: Pengolahan data

Tabel 4.50 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup X

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	0,9189	0,6397	46,0566
2	tegakan	95	0,0001	0,0001	0,0071
3	kebun	85	0,0209	0,0146	1,2377
4	semak belukar	94	0,4761	0,3314	31,1509
5	permukiman	98	0,0199	0,0139	1,3580
6	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0000
7	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0001
8	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0002
9	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0000
10	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0009
11	hutan	72	0,0005	0,0004	0,0269
12	hutan	72	0,0001	0,0000	0,0033
13	hutan	72	0,0000	0,0000	0,0002
		Jumlah	1,4366	1,0000	79,8420

Sumber: Pengolahan data

Tabel 4.51 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup XI

Perhitungan nilai CN Sub DAS Lesti XI

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	tegakan	95	0,041	0,029	2,743
2	tegakan	95	0,010	0,007	0,648
3	tegakan	95	0,006	0,005	0,430
4	tegakan	95	0,036	0,025	2,384
5	kebun	85	0,514	0,361	30,687
6	kebun	85	0,006	0,004	0,372
7	semak belukar	94	0,143	0,101	9,469
8	semak belukar	94	0,010	0,007	0,670
9	permukiman	98	0,038	0,027	2,630
10	permukiman	98	0,013	0,009	0,888
11	permukiman	98	0,000	0,000	0,022
12	permukiman	98	0,022	0,016	1,519
13	permukiman	98	0,008	0,006	0,573
14	permukiman	98	0,032	0,022	2,181
15	hutan	72	0,000	0,000	0,000
16	hutan	72	0,000	0,000	0,000

17	hutan	72	0,000	0,000	0,000
18	hutan	72	0,543	0,381	27,456
19	hutan	72	0,001	0,000	0,026
20	hutan	72	0,000	0,000	0,000
Jumlah			1,424	1	82,69818

Sumber: Pengolahan data

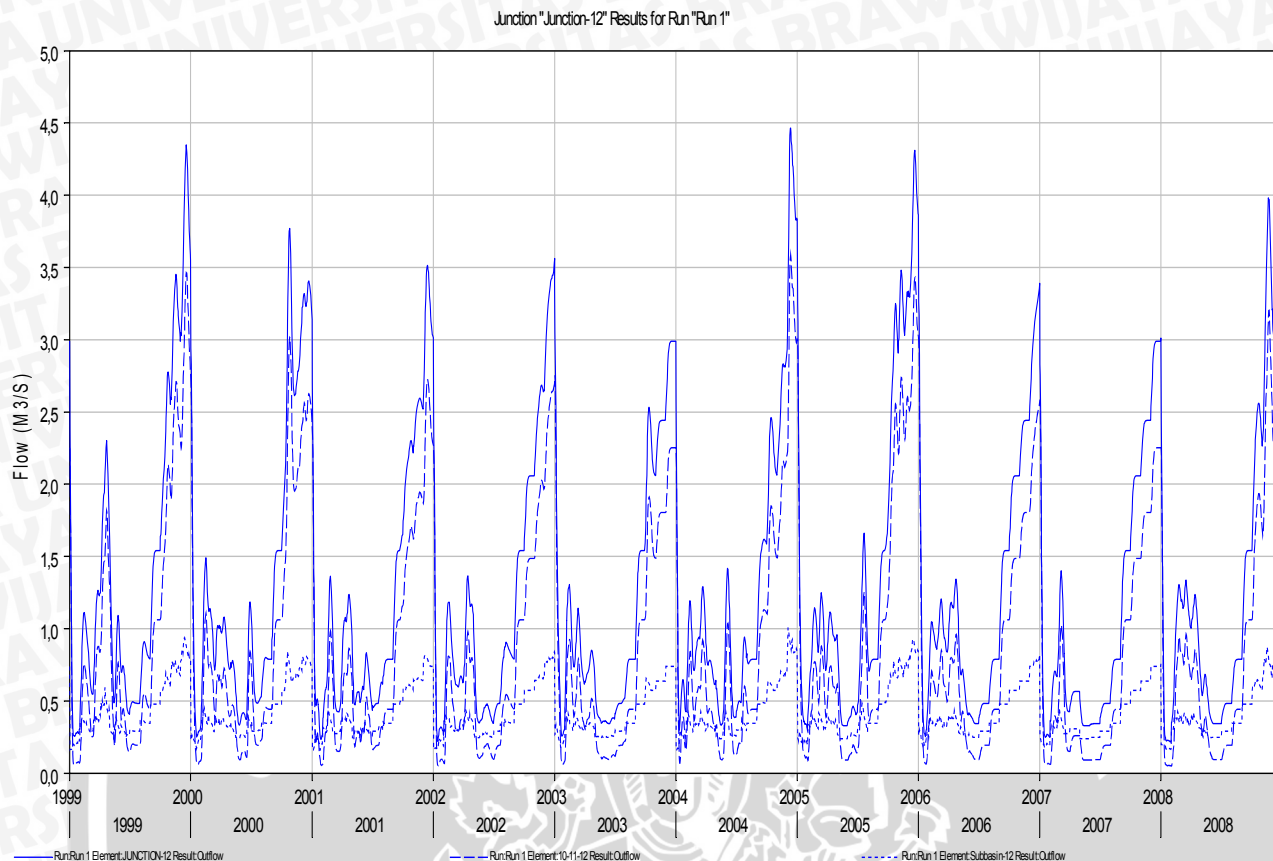
Tabel 4.52 Perhitungan nilai CN Sub DAS Clungup XII

No	Tataguna Lahan	Kelompok tanah	Luas (Km2)	Prosentase (%)	CN
1	hutan	72	0,421	0,470	33,845
2	hutan	72	0,019	0,021	1,534
3	hutan	72	0,178	0,198	14,290
4	hutan	72	0,000	0,000	0,004
5	rawa	0	0,119	0,133	11,449
6	rawa	0	0,002	0,003	0,227
7	rawa	0	0,001	0,001	0,081
8	tegalan	95	0,013	0,015	1,388
9	tegalan	95	0,021	0,023	2,188
10	kebun	85	0,012	0,014	1,162
11	kebun	85	0,025	0,028	2,377
12	permukiman	98	0,072	0,080	7,862
13	hutan	72	0,000	0,000	0,000
14	hutan	72	0,000	0,000	0,007
15	hutan	72	0,000	0,000	0,000
16	hutan	72	0,000	0,000	0,002
17	hutan	72	0,000	0,000	0,000
18	hutan	72	0,000	0,000	0,001
19	hutan	72	0,000	0,000	0,007
20	hutan	72	0,001	0,001	0,089
21	hutan	72	0,011	0,012	0,869
22	hutan	72	0,000	0,000	0,022
23	hutan	72	0,000	0,000	0,001
24	hutan	72	0,000	0,000	0,002
Jumlah			0,896	1,000	77,406

Sumber: Pengolahan data

4.4. Hasil Pemodelan HEC-HMS 3.2.

Pemodelan HEC- HMS dilakukan menggunakan simulasi mulai tahun 1999- 2008, hasil pemodelan banjir HEC MS disajikan pada lampiran, berikut hasil pemodelan pada tahun 1999- 2008:



Gambar 4.13 Grafik Debit HEC-HMS tahun 1999- 2008

Tabel 4.53 Rekapitulasi debit banjir terhadap kala ulang Rasional Modifikasi berdasarkan debit pemodelan HEC-HMS.

Tahun	Debit Max HEC-HMS m ³ /detik	Tanggal terjadi Debit max	Kala ulang banjir historis terhadap Rasional Modifikasi
1999	4,3	19-Des-99	1,49
2000	3,5	01-Jan-00	1,61
2001	3,4	11-Des-01	1,63
2002	3,4	25-Des-02	1,63
2003	3,5	01-Jan-03	1,61
2004	4,3	10-Des-04	1,49
2005	4,2	19-Des-05	1,51
2006	3,8	01-Jan-06	1,57
2007	2,9	11-Des-07	1,71
2008	4,1	20-Nop-08	1,52
Rerata	3,74		1,577

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5. Teknik Kalibrasi

Pemodelan dikalibrasi dengan perhitungan pembangkitan dengan model Mock pada das Clungup, sedangkan parameter yng digunakan diambil dari parameter yang digunakan diambil dari parameter FJ. Mock terdekat yaitu Sub DAS Lesti.

4.5.1. Kalibrasi Aliran atau Debit Model HEC- HMS

Teknik kalibrasi dalam program HEC-HMS dapat dibagi dalam 3 bagian, antara lain adalah :

1. Kalibrasi *Loss Rate*, antara lain dengan beberapa model sebagai berikut :

- a. *Green and Ampt Loss*
- b. *Initial and Constant*
- c. *SCS Curve Number*
- d. *Gridded SCS Curve Number*
- e. *Deficit and Constant*
- f. *SMA (Soil Moisture Accounting)*
- g. *No Loss Rate*

Dalam studi ini mennggunakan 1 model yaitu *SCS Curve Number*. Yaitu dengan langkah sebagai berikut :

- Menambah/mengurangi bilangan kurva larian (*curve number*)
- Menambah/mengurangi *Initial Abstraction (mm)*

2. Kalibrasi *Transform Method*, antara lain dengan beberapa model sebagai berikut:

- a. *Clark Unit Hydrograph*
- b. *Snyder Unit Hydrograph*
- c. *SCS Unit Hydrograph*
- d. *Input Ordinates*
- e. *ModClark Unit Hydrograph*
- f. *Kinematic Wave*

Dalam studi ini mennggunakan 1 model yaitu *Snyder Unit Hydrograph*. Yaitu dengan langkah sebagai berikut :

- Menambah/mengurangi koefisien puncak hidrograf (*Cp*)
- Menambah/mengurangi *time Lag*

3. Kalibrasi Hidrograf Banjir-*Muskingum Routing*

- Menambah/mengurangi *x* yang merupakan faktor penimbang (*weight*) sebagai konstanta penelusuran.

- Menambah/mengurangi k yang merupakan tetapan tampungan (*storage constant*)

Dalam studi ini kalibrasi dimaksudkan agar hasil simulasi program dapat mendekati kondisi yang sebenarnya di lapangan.

Menurut referensi untuk kalibrasi debit model HEC-HMS ditemukan angka-angka kalibrasi sebagai berikut ini :

Tabel 4.54. Parameter yang berpengaruh HEC-HMS

Parameter	Minimum	Maximum
CN	0	100
Initial Abstraction (mm)	0	500
Lag (hr)	0.1	500
Cp	0.1	1.0
K (hr)	0.1	150
X	0	0.5

Sumber : *Calibrating the HEC-HMS Models Manual*

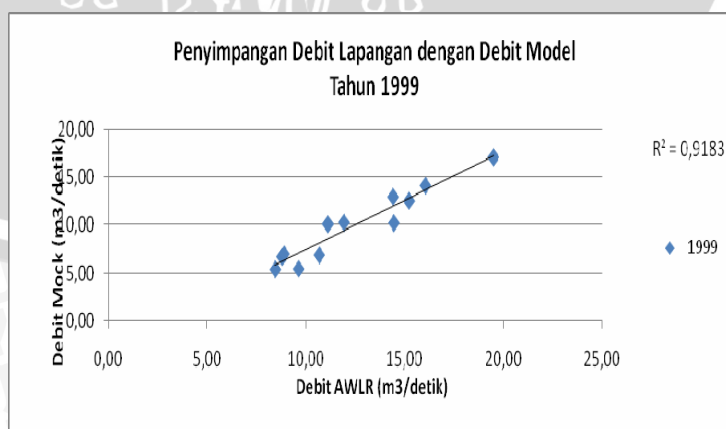
4.5.1.1. Perhitungan Mock DAS Lesti

Pemodelan akan dikalibrasi dengan perhitungan pembangkitan data hujan Model FJ Mock pada Sub DAS Clungup sedangkan parameter yang digunakan dalam perhitungan FJ Mock diambil dari parameter F.J. Mock pada DAS terdekat. Dalam studi ini DAS yang digunakan sebagai pembanding parameternya adalah DAS Lesti.

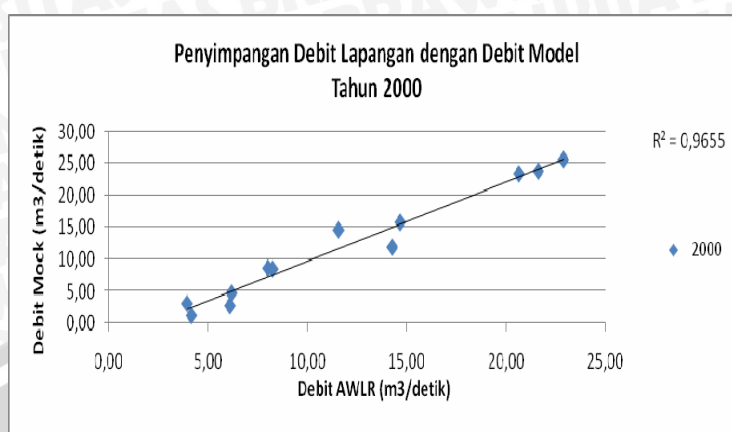
Tabel 4.55 Perhitungan Perbandingan Debit AWLR dan FJ . Mock DAS Lesti

Bulan	1999	
	AWLR	MOCK
jan	11,92	10,28
feb	11,10	10,11
mar	14,41	12,96
apr	19,51	17,05
mei	14,45	10,23
jun	10,67	6,89
jul	9,61	5,50
aug	8,43	5,45
sep	8,78	6,71
okt	8,88	7,00
nop	16,05	14,11
des	15,22	12,55

Sumber : Hasil Perhitungan

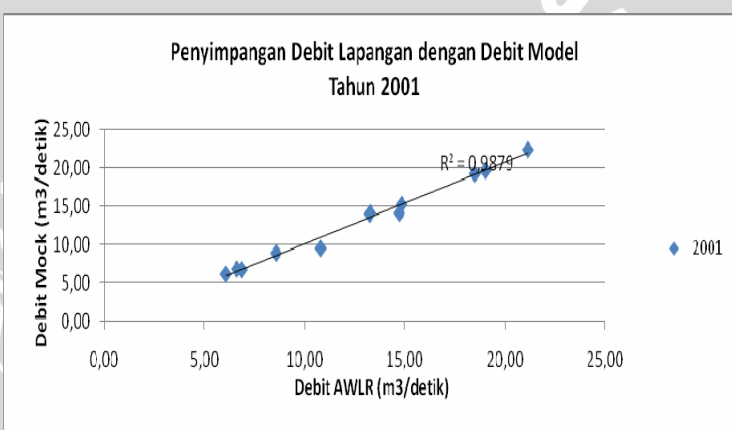


Bulan	2000	
	AWLR	MOCK
jan	11,56	14,58
feb	22,90	25,57
mar	21,64	23,74
apr	20,66	23,32
mei	14,68	15,75
jun	8,01	8,61
jul	3,93	3,09
aug	4,15	1,19
sep	6,09	2,7559
okt	6,18	4,69
nop	14,27	11,86
des	8,24	8,49



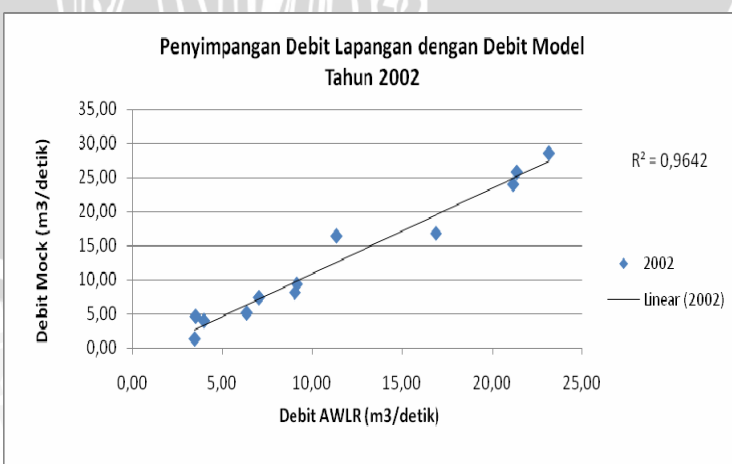
Sumber : Hasil Perhitungan

Bulan	2001	
	AWLR	MOCK
jan	14,85	15,25
feb	21,15	22,38
mar	18,50	19,23
apr	19,04	19,65
mei	13,28	14,17
jun	14,73	14,14
jul	10,80	9,57
aug	6,62	6,87
sep	6,07	6,20
okt	6,86	6,78
nop	8,58	8,97
des	13,25	14,01



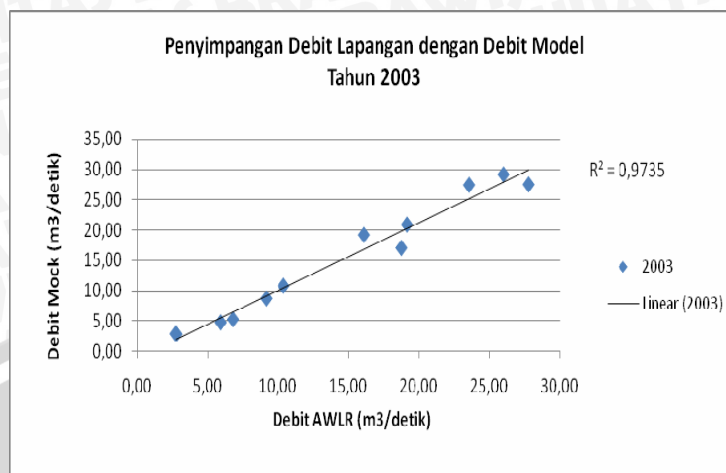
Sumber : Hasil Perhitungan

Bulan	2002	
	AWLR	MOCK
jan	21,38	25,80
feb	23,15	28,57
mar	21,19	24,02
apr	16,88	16,83
mei	3,49	4,64
jun	7,02	7,41
jul	9,14	9,36
aug	9,03	8,15
sep	6,34	5,15
okt	3,44	1,35
nop	3,95	4,01
des	11,33	16,44



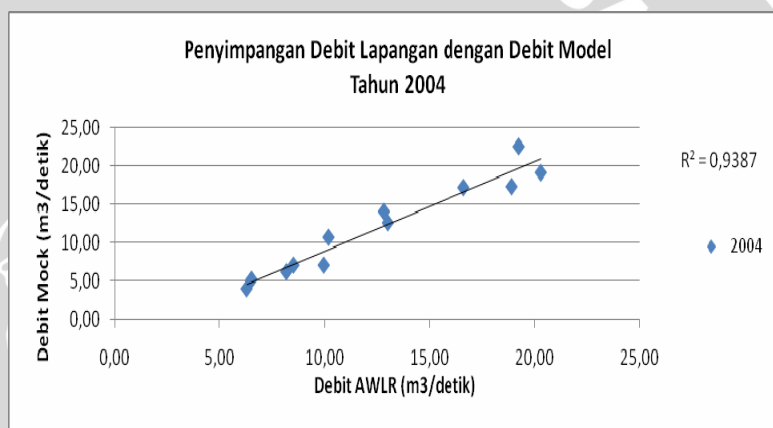
Sumber : Hasil Perhitungan

Bulan	2003	
	AWLR	MOCK
jan	23,53	27,48
feb	25,98	29,21
mar	27,76	27,56
apr	19,13	20,92
mei	18,74	17,07
jun	9,17	8,68
jul	6,81	5,22
aug	5,94	4,73
sep	2,83	2,79
okt	2,71	2,85
nop	10,39	10,79
des	16,09	19,22



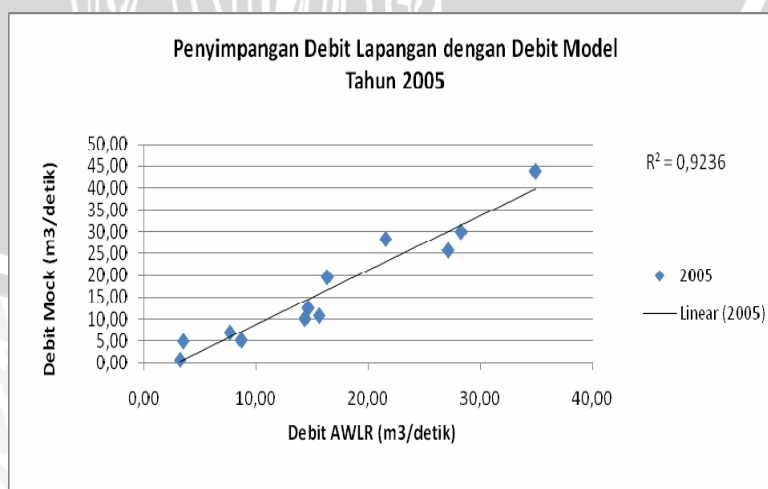
Sumber : Hasil Perhitungan

Bulan	2004	
	AWLR	MOCK
jan	13,00	12,58
feb	20,30	19,08
mar	19,25	22,48
apr	16,62	17,16
mei	12,81	14,01
jun	10,18	10,66
jul	9,95	7,05
aug	6,52	5,17
sep	8,18	6,16
okt	6,29	4,00
nop	8,52	7,04
des	18,91	17,27



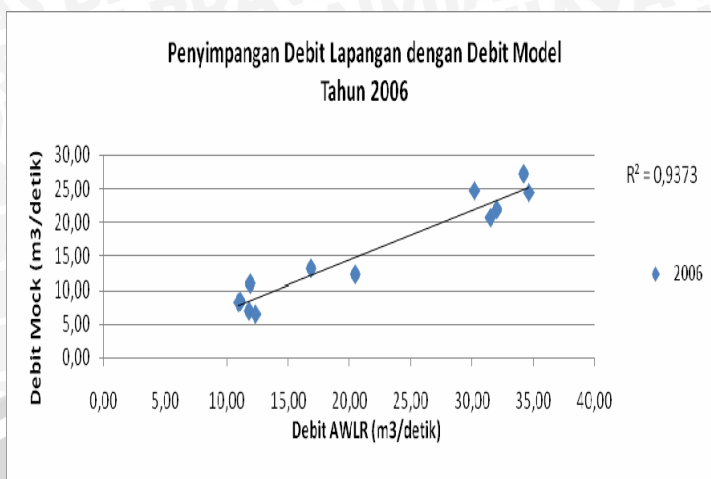
Sumber : Hasil Perhitungan

Bulan	2005	
	AWLR	MOCK
jan	16,32	19,65
feb	21,53	28,35
mar	28,25	30,01
apr	27,08	25,77
mei	7,65	7,01
jun	8,66	5,21
jul	14,33	10,17
aug	3,20	0,74
sep	3,49	5,01
okt	14,61	12,58
nop	15,60	10,86
des	34,86	43,85



Sumber : Hasil Perhitungan

Bulan	2006	
	AWLR	MOCK
jan	32,02	21,99
feb	30,20	24,79
mar	34,64	24,50
apr	34,21	27,31
mei	31,50	20,79
jun	16,87	13,24
jul	11,10	8,48
aug	11,81	7,07
sep	10,96	8,35
okt	11,90	11,04
nov	12,33	6,59
des	20,47	12,35



Sumber : Hasil Perhitungan



Tabel 4.54 Perhitungan Debit Andalan Bulanan Tahun 1999 Dengan Metode F.J.Mock

DAS : Clungup
 Luas :
 DAS : 12,950 km²

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	325,0	215,0	365,0	513,0	159,0	110,0	0,0	92,0	397,0	641,0	603,0	507,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	16	18	15	16	3	4	0	4	5	11	14	17
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (ET _o)	ET _o	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,03	0,00	0,05	0,03	0,23	0,21	0,27	0,21	0,20	0,11	0,06	0,02
6	E = (ET _o) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	3,44	0,00	4,64	2,74	18,42	18,33	25,19	23,40	25,79	13,71	7,41	1,68
7	Et = (ET _o) - (E)	(3) - (6)	mm	111,28	106,81	98,55	88,67	63,46	68,96	68,11	88,04	106,47	116,87	116,06	110,33
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	Ds = P - Et	(1) - (7)	mm	213,72	108,19	266,45	424,33	95,54	41,04	-68,11	3,96	290,53	524,13	486,94	396,67
9	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-68,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
11	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm	173,72	68,19	226,45	384,33	55,54	1,04	-40,00	-36,04	250,53	484,13	446,94	356,67
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	147,66	57,97	192,48	326,68	47,21	0,88	-34,00	-30,64	212,95	411,51	379,90	303,17
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	143,97	56,52	187,67	318,51	46,03	0,86	-33,15	-29,87	207,63	401,22	370,40	295,59
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	48,90	183,22	227,75	394,65	677,50	687,35	653,81	589,62	531,76	702,42	1048,46	1347,92
15	Volume Penyimpanan (Vn)	(13) + (14)	mm	192,87	239,74	415,42	713,16	723,53	688,22	620,66	559,75	739,39	1103,64	1418,87	1643,51
16	Perubahan Volume Air (DVn)	Vn - V(n-1)	mm	141,40	46,87	175,68	297,74	10,37	-35,32	-67,56	-60,90	179,64	364,25	315,22	224,64
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	6,27	11,09	16,80	28,94	36,84	36,20	33,56	30,27	33,31	47,26	64,68	78,52
18	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	26,06	10,23	33,97	57,65	8,33	0,16	-6,00	-5,41	37,58	72,62	67,04	53,50
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm	32,32	21,32	50,77	86,59	45,17	36,35	27,56	24,86	70,89	119,88	131,72	132,02
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,156	0,114	0,245	0,433	0,218	0,182	0,133	0,120	0,354	0,580	0,658	0,638
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,005	0,004	0,008	0,014	0,007	0,006	0,004	0,004	0,012	0,019	0,022	0,021
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E ⁶)		m ³	0,42	0,28	0,66	1,12	0,58	0,47	0,36	0,32	0,92	1,55	1,71	1,71

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :				
- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi (Diambil 20%)		- Koefisien infiltrasi		0,85
- Kapasitas kelembaban tanah SMC =	40,00 mm	- Faktor resesi aliran air tanah		0,95
(Soil Moisture Contents)		- Penyimpanan awal (initial storage)		250,00
- Daerah Aliran Sungai =	12,950 km ²	- m ditentukan	30	

Tabel 4.55. Perhitungan Debit Andalan Bulanan Tahun 2000 Dengan Metode F.J.Mock

DAS : Clungup
Luas DAS : 12,950 km²

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	304,0	360,0	272,0	129,0	121,0	211,0	18,0	0,0	0,0	715,0	872,0	849,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	19	15	12	16	8	5	4	0	0	11	20	11
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (ET _o)	ET _o	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,00	0,05	0,09	0,03	0,15	0,20	0,21	0,27	0,27	0,11	0,00	0,11
6	E = (ET _o) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	0,00	4,81	9,29	2,74	12,28	17,02	19,59	30,09	35,71	13,71	0,00	11,76
7	Et = (ET _o) - (E)	(3) - (6)	mm	114,72	102,00	93,91	88,67	69,60	70,27	73,71	81,36	96,55	116,87	123,46	100,25
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	Ds = P - Et	(1) - (7)	mm	189,28	258,00	178,09	40,33	51,40	140,73	-55,71	-81,36	-96,55	598,13	748,54	748,75
9	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-55,71	-81,36	-96,55	0,00	0,00	0,00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	-15,71	-97,07	193,62	40,00	40,00	40,00
11	Kelembaban Air (WS)	(8) - (9)	mm	149,28	218,00	138,09	0,33	11,40	100,73	15,71	97,07	193,62	558,13	708,54	708,75
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	119,42	174,40	110,47	0,26	9,12	80,58	12,57	77,65	154,89	446,51	566,83	567,00
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	113,45	165,68	104,95	0,25	8,66	76,55	11,94	73,77	147,15	424,18	538,49	538,65
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	46,32	143,80	278,53	345,13	310,84	287,55	327,70	305,67	341,50	439,78	777,57	1184,45
15	Volume Penyimpanan (Vn)	(13) + (14)	mm	159,77	309,48	383,48	345,38	319,50	364,11	339,64	379,44	488,65	863,96	1316,05	1723,09
16	Perubahan Volume Air (DVn)	Vn - V(n-1)	mm	108,30	149,70	74,00	-38,10	-25,88	44,60	-24,47	39,81	109,20	375,32	452,09	407,04
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	11,12	24,70	36,47	38,36	34,99	35,98	37,04	37,85	45,69	71,19	114,74	159,96
18	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	29,86	43,60	27,62	0,07	2,28	20,15	3,14	19,41	38,72	111,63	141,71	141,75
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm	40,97	68,30	64,09	38,43	37,27	56,13	40,18	57,26	84,41	182,82	256,44	301,70
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,198	0,366	0,310	0,192	0,180	0,280	0,194	0,277	0,422	0,884	1,281	1,459
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,006	0,013	0,010	0,006	0,006	0,009	0,006	0,009	0,014	0,029	0,043	0,047
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E^6)		m ³	0,53	0,88	0,83	0,50	0,48	0,73	0,52	0,74	1,09	2,37	3,32	3,91

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :

- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi
(Diambil 20%)

- Kapasitas kelembaban tanah SMC = 40,00 mm

(Soil Moisture Contents)

- Daerah Aliran Sungai = 12,950 km²

- Koefisien infiltrasi 0,80

- Faktor resesi aliran air tanah 0,90

- Penyimpanan awal (initial storage) 285,00

- m ditentukan 30

Tabel 4.56. Perhitungan Debit Andalan Bulanan Tahun 2001 Dengan Metode F.J.Mock

DAS : Clungup
Luas DAS : 12,950 km²

No	U R A I A N	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	564,0	380,0	234,0	462,0	197,0	226,0	27,0	0,0	36,0	495,0	491,0	375,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	11	8	7	15	7	7	1	0	3	7	13	14
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (ET _p)	ET _p	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,11	0,15	0,17	0,05	0,17	0,17	0,26	0,27	0,23	0,17	0,08	0,06
6	E = (ET _p) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	12,05	16,02	17,03	4,11	13,51	14,40	23,79	30,09	29,76	21,55	9,26	6,72
7	Et = (ET _p) - (E)	(3) - (6)	mm	102,68	90,78	86,17	87,30	68,37	72,89	69,51	81,36	102,50	109,03	114,20	105,29
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	D _s = P - Et	(1) - (7)	mm	461,32	289,22	147,83	374,70	128,63	153,11	-42,51	-81,36	-66,50	385,97	376,80	269,71
9	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-42,51	-81,36	-66,50	0,00	0,00	0,00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	-17,51	-98,87	-165,37	25,00	25,00	25,00
11	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm	436,32	264,22	122,83	349,70	103,63	128,11	17,51	98,87	165,37	360,97	351,80	244,71
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	391,82	237,27	110,30	314,03	93,06	115,04	15,72	88,78	148,50	324,15	315,91	219,75
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	380,06	230,15	106,99	304,61	90,26	111,59	15,25	86,12	144,05	314,42	306,43	213,15
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	48,38	402,74	594,91	659,79	906,54	936,99	985,67	940,87	965,37	1042,85	1275,84	1487,33
15	Volume Penyimpanan (V _n)	(13) + (14)	mm	428,45	632,89	701,91	964,40	996,80	1048,59	1000,92	1026,99	1109,41	1357,27	1582,27	1700,49
16	Perubahan Volume Air (DV _n)	V _n - V(n-1)	mm	376,98	204,44	69,02	262,49	32,40	51,78	-47,66	26,06	82,43	247,86	225,00	118,22
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	14,84	32,82	41,28	51,54	60,66	63,26	63,39	62,72	66,07	76,29	90,91	101,53
18	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	44,51	26,95	12,53	35,67	10,57	13,07	1,79	10,08	16,87	36,82	35,88	24,96
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm	59,35	59,77	53,81	87,20	71,23	76,33	65,17	72,80	82,94	113,11	126,80	126,49
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,287	0,320	0,260	0,436	0,344	0,381	0,315	0,352	0,414	0,547	0,633	0,612
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,009	0,011	0,008	0,015	0,011	0,013	0,010	0,011	0,014	0,018	0,021	0,020
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E ⁶)		m ³	0,77	0,77	0,70	1,13	0,92	0,99	0,84	0,94	1,07	1,46	1,64	1,64

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :				
- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi (Diambil 20%)			- Koefisien infiltrasi	0,90
- Kapasitas kelembaban tanah SMC =	25,00	mm	- Faktor resesi aliran air tanah	0,94
(Soil Moisture Contents)			- Penyimpanan awal (initial storage)	285,00
- Daerah Aliran Sungai =	12,950	km ²	- m ditentukan	30

Tabel 4.57 Perhitungan Debit Andalan Bulanan Tahun 2002 Dengan Metode F.J.Mock

DAS : Clungup
 Luas DAS : 12,950 km²

No	U R A I A N	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	203,0	327,0	88,0	311,0	66,0	24,0	60,0	14,0	0,0	0,0	467,0	666,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	9	22	10	10	8	2	3	2	0	0	14	19
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (ETo)	ETo	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,14	0,00	0,12	0,12	0,15	0,24	0,23	0,24	0,27	0,27	0,06	0,00
6	E = (ETo) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	15,49	0,00	12,38	10,97	12,28	20,95	20,99	26,75	35,71	35,26	7,41	0,00
7	Et = (ETo) - (E)	(3) - (6)	mm	99,23	106,81	90,81	80,45	69,60	66,34	72,31	84,70	96,55	95,32	116,06	112,02
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	Ds = P - Et	(1) - (7)	mm	103,77	220,19	-2,81	230,55	-3,60	-42,34	12,31	-70,70	-96,55	-95,32	350,94	553,98
9	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	-2,81	0,00	-3,60	-42,34	12,31	-70,70	-96,55	-95,32	0,00	0,00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	60,00	60,00	57,19	60,00	56,40	14,06	1,75	-68,95	-165,50	260,83	60,00	60,00
11	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm	43,77	160,19	-57,19	170,55	-56,40	-14,06	-1,75	68,95	165,50	260,83	290,94	493,98
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	28,45	104,13	-37,17	110,86	-36,66	-9,14	-1,14	44,82	107,58	169,54	189,11	321,09
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	26,31	96,32	-34,38	102,55	-33,91	-8,45	-1,05	41,46	99,51	156,82	174,93	297,01
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	43,75	59,55	132,49	83,39	158,05	105,52	82,50	69,24	94,09	164,56	273,17	380,89
15	Volume Penyimpanan (Vn)	(13) + (14)	mm	70,06	155,87	98,11	185,94	124,14	97,06	81,45	110,69	193,60	321,38	448,10	677,90
16	Perubahan Volume Air (DVn)	Vn - V(n-1)	mm	18,59	85,81	-57,76	87,83	-61,80	-27,07	15,61	29,24	82,91	127,78	126,72	229,79
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	9,85	18,32	20,59	23,03	25,14	17,94	14,47	15,58	24,67	41,76	62,39	91,30
18	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	15,32	56,07	-20,02	59,69	-19,74	-4,92	-0,61	24,13	57,93	91,29	101,83	172,89
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm	25,17	74,39	0,58	82,72	5,40	13,02	13,86	39,71	82,60	133,04	164,22	264,19
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,122	0,398	0,003	0,413	0,026	0,065	0,067	0,192	0,413	0,643	0,820	1,277
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,004	0,014	0,000	0,014	0,001	0,002	0,002	0,006	0,014	0,021	0,027	0,041
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E^6)		m ³	0,33	0,96	0,01	1,07	0,07	0,17	0,18	0,51	1,07	1,72	2,13	3,42

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :					
- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi (Diambil 20%)				- Koefisien infiltrasi	0,65
- Kapasitas kelembaban tanah SMC =	60,00	mm		- Faktor resesi aliran air tanah	0,85
(Soil Moisture Contents)				- Penyimpanan awal (initial storage)	155,00
- Daerah Aliran Sungai	12,950	km ²		- m ditentukan	30

Tabel 4.58. Perhitungan Debit Andalan Bulanan Tahun 2003 Dengan Metode F.J.Mock

DAS : Clungup
 Luas : 12,950 km²
 DAS :

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	362,0	292,0	204,0	144,0	42,0	5,0	3,0	0,0	27,0	651,0	746,0	724,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	22	13	11	11	6	2	2	0	1	12	12	17
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (ET _o)	ET _o	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,00	0,08	0,11	0,11	0,18	0,24	0,24	0,27	0,26	0,09	0,09	0,02
6	E = (ET _o) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	0,00	8,01	10,84	9,60	14,74	20,95	22,39	30,09	33,73	11,75	11,11	1,68
7	Et = (ET _o) - (E)	(3) - (6)	mm	114,72	98,79	92,36	81,82	67,15	66,34	70,91	81,36	98,54	118,83	112,35	110,33
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	D _s = P - Et	(1) - (7)	mm	247,28	193,21	111,64	62,18	-25,15	-61,34	-67,91	-81,36	-71,54	532,17	633,65	613,67
9	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	0,00	0,00	-25,15	-61,34	-67,91	-81,36	-71,54	0,00	0,00	0,00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	25,00	25,00	25,00	25,00	-0,15	-61,49	129,40	210,75	-282,29	25,00	25,00	25,00
11	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm	222,28	168,21	86,64	37,18	0,15	61,49	129,40	210,75	282,29	507,17	608,65	588,67
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	172,27	130,36	67,15	28,82	0,11	47,65	100,28	163,33	218,77	393,06	471,70	456,22
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	164,08	124,17	63,96	27,45	0,11	45,39	95,52	155,58	208,38	374,39	449,30	434,55
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	46,58	190,65	284,91	315,72	310,57	281,16	295,53	353,90	461,08	605,86	887,12	1209,46
15	Volume Penyimpanan (V _n)	(13) + (14)	mm	210,66	314,82	348,87	343,17	310,68	326,55	391,05	509,48	669,46	980,25	1336,42	1644,01
16	Perubahan Volume Air (DV _n)	V _n - V _{n-1}	mm	159,19	104,15	34,05	-5,69	-32,49	15,87	64,50	118,43	159,98	310,79	356,17	307,59
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	13,07	26,21	33,10	34,51	32,61	31,78	35,79	44,91	58,79	82,27	115,53	148,63
18	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	50,01	37,85	19,49	8,37	0,03	13,83	29,11	47,42	63,51	114,11	136,95	132,45
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm	63,08	64,05	52,59	42,88	32,64	45,61	64,90	92,33	122,31	196,38	252,47	281,08
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,305	0,343	0,254	0,214	0,158	0,228	0,314	0,446	0,611	0,950	1,261	1,359
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,010	0,012	0,008	0,007	0,005	0,008	0,010	0,014	0,020	0,031	0,042	0,044
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E ⁶)		m ³	0,82	0,83	0,68	0,56	0,42	0,59	0,84	1,20	1,58	2,54	3,27	3,64

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :

- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi
 (Diambil 20%)

- Kapasitas kelembaban tanah SMC =

(Soil Moisture Contents)

- Daerah Aliran Sungai

- Koefisien infiltrasi

- Faktor resesi aliran air tanah

- Penyimpanan awal (initial storage)

- m

- m ditentukan

0,78

0,91

290,00

30

25,00 mm

12,950 km²

Tabel 4.59 Perhitungan Debit Andalan Bulanan Tahun 2004 Dengan Metode F.J.Mock

DAS : Clungup
 Luas :
 DAS : 12,950 km²

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	332,0	200,0	222,0	86,0	116,0	49,0	80,0	0,0	13,0	95,0	268,0	219,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	13	11	14	9	10	6	1	0	1	6	10	12
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (ET _o)	ET _o	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,08	0,11	0,06	0,14	0,12	0,18	0,26	0,27	0,26	0,18	0,12	0,09
6	E = (ET _o) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	8,60	11,21	6,19	12,34	9,83	15,71	23,79	30,09	33,73	23,50	14,82	10,08
7	Et = (ET _o) - (E)	(3) - (6)	mm	106,12	95,59	97,00	79,08	72,06	71,58	69,51	81,36	98,54	107,07	108,65	101,93
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	Ds = P - Et	(1) - (7)	mm	225,88	104,41	125,00	6,92	43,94	-22,58	10,49	-81,36	-85,54	-12,07	159,35	117,07
9	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-22,58	0,00	-81,36	-85,54	-12,07	0,00	0,00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	2,42	25,00	-56,36	-141,89	-153,97	25,00	25,00
11	Kelembaban Air (WS)	(8) - (9)	mm	200,88	79,41	100,00	-18,08	18,94	-2,42	-14,51	56,36	141,89	153,97	134,35	92,07
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	180,39	71,31	89,80	-16,23	17,01	-2,17	-13,03	50,61	127,42	138,26	120,65	82,68
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	174,98	69,17	87,10	-15,74	16,50	-2,11	-12,64	49,09	123,60	134,11	117,03	80,20
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	48,38	209,96	262,38	328,52	294,01	291,87	272,38	244,16	275,65	375,29	478,84	560,12
15	Volume Penyimpanan (Vn)	(13) + (14)	mm	223,36	279,13	349,49	312,77	310,50	289,77	259,74	293,25	399,25	509,41	595,87	640,31
16	Perubahan Volume Air (DVn)	Vn - V(n-1)	mm	171,89	55,77	70,35	-36,71	-2,27	-20,74	-30,03	33,51	106,00	110,16	86,46	44,44
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	8,50	15,54	19,44	20,48	19,28	18,57	17,00	17,10	21,42	28,10	34,18	38,23
18	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	20,49	8,10	10,20	-1,84	1,93	-0,25	-1,48	5,75	14,47	15,70	13,70	9,39
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm	28,99	23,64	29,64	18,64	21,21	18,32	15,52	22,85	35,89	43,81	47,89	47,62
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,140	0,127	0,143	0,093	0,103	0,092	0,075	0,110	0,179	0,212	0,239	0,230
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,002	0,004	0,006	0,007	0,008	0,007
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E^6)		m ³	0,38	0,31	0,38	0,24	0,27	0,24	0,20	0,30	0,46	0,57	0,62	0,62

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :				
- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi (Diambil 20%)		- Koefisien infiltrasi		0,90
- Kapasitas kelembaban tanah SMC =	25,00 mm	- Faktor resesi aliran air tanah		0,94
(Soil Moisture Contents)		- Penyimpanan awal (initial storage)		285,00
- Daerah Aliran Sungai =	12,950 km ²	- m		
		ditentukan	30	

Tabel 4.60 Perhitungan Debit Andalan Bulanan Tahun 2005 Dengan Metode F.J.Mock

DAS : Clungup
Luas DAS : 12,950 km²

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	263,0	232,0	303,0	193,0	0,0	117,0	291,0	0,0	54,0	469,0	415,0	402,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	11	11	11	11	0	7	10	0	6	18	8	23
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (E_t)														
3	Evapotranspirasi Potensial (E _{to})	E _{to}	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,11	0,11	0,11	0,11	0,27	0,17	0,12	0,27	0,18	0,00	0,15	0,00
6	E = (E _{to}) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	12,05	11,21	10,84	9,60	22,11	14,40	11,20	30,09	23,81	0,00	18,52	0,00
7	E _t = (E _{to}) - (E)	(3) - (6)	mm	102,68	95,59	92,36	81,82	59,78	72,89	82,11	81,36	108,45	130,58	104,95	112,02
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	D _s = P - E _t	(1) - (7)	mm	160,32	136,41	210,64	111,18	-59,78	44,11	208,89	-81,36	-54,45	338,42	310,05	290,00
9	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	0,00	0,00	-59,78	0,00	0,00	-81,36	-54,45	0,00	0,00	0,00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	25,00	25,00	25,00	25,00	-34,78	25,00	25,00	-56,36	-110,81	25,00	25,00	25,00
11	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm	135,32	111,41	185,64	86,18	34,78	19,11	183,89	56,36	110,81	313,42	285,05	265,00
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	81,19	66,85	111,38	51,71	20,87	11,47	110,34	33,81	66,49	188,05	171,03	159,00
13	0.5 (1 + k) I _n	Hitungan	-	73,08	60,16	100,25	46,54	18,78	10,32	99,30	30,43	59,84	169,25	153,93	143,10
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	41,18	91,40	121,25	177,20	178,99	158,21	134,83	187,30	174,19	187,22	285,18	351,28
15	Volume Penyimpanan (V _n)	(13) + (14)	mm	114,25	151,56	221,50	223,73	197,77	168,53	234,13	217,74	234,03	356,47	439,10	494,39
16	Perubahan Volume Air (DV _n)	V _n - V _(n-1)	mm	62,78	37,31	69,93	2,24	-25,97	-29,23	65,60	-16,39	16,29	122,44	82,64	55,28
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	18,41	29,53	41,45	49,47	46,83	40,70	44,74	50,21	50,20	65,61	88,40	103,72
18	Aliran Langsung (IDR)	(11) - (12)	mm	54,13	44,56	74,26	34,47	13,91	7,64	73,56	22,54	44,32	125,37	114,02	106,00
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm	72,54	74,10	115,71	83,94	60,74	48,34	118,30	72,75	94,52	190,98	202,42	209,72
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,351	0,397	0,559	0,419	0,294	0,242	0,572	0,352	0,472	0,923	1,011	1,014
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,011	0,014	0,018	0,014	0,009	0,008	0,011	0,011	0,016	0,030	0,034	0,033
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E ⁶)		m ³	0,94	0,96	1,50	1,09	0,79	0,63	1,53	0,94	1,22	2,47	2,62	2,72

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :

- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi

(Diambil 20%)

- Kapasitas kelembaban tanah SMC =

25,00

mm

(Soil Moisture Contents)

- Daerah Aliran Sungai

=

12,950

km²

- Koefisien infiltrasi

0,60

- Faktor resesi aliran air tanah

0,80

- Penyimpanan awal (initial storage)

185,00

- m

determined

30

Tabel 4.63 Perhitungan Debit Andalan Bulanan Tahun 2006 Dengan Metode F.J.Mock

DAS : Clungup
 Luas DAS : 12,950 km²
 DAS : Clungup

DAS : Clungup
 Luas DAS : 12,950 km²

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	95,0	171,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (ET _p)	ET _p	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,08	0,08	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
6	E = (ET _p) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	8,60	8,01	27,86	24,68	22,11	23,57	25,19	30,09	35,71	35,26	33,34	30,24
7	Et = (ET _p) - (E)	(3) - (6)	mm	106,12	98,79	75,33	66,73	59,78	63,72	68,11	81,36	96,55	95,32	90,13	81,77
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	D _s = P - Et	(1) - (7)	mm	-11,12	72,21	-75,33	-66,73	-59,78	-63,72	-68,11	-81,36	-96,55	-95,32	-90,13	-81,77
9	Kandungan Air Tanah		mm	-11,12	0,00	-75,33	-66,73	-59,78	-63,72	-68,11	-81,36	-96,55	-95,32	-90,13	-81,77
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	31,00	31,00	-44,33	-111,07	-170,84	-234,57	-302,68	-384,03	-480,58	-575,91	-666,04	-747,81
11	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm	-31,00	41,21	44,33	111,07	170,84	234,57	302,68	384,03	480,58	575,91	666,04	747,81
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	-24,39	32,42	34,89	87,40	134,44	184,58	238,18	302,20	378,17	453,18	524,10	588,45
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	-23,29	30,96	33,31	83,44	128,35	176,23	227,40	288,52	361,06	432,67	500,39	561,82
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	46,81	21,39	47,61	73,60	142,83	246,64	384,60	556,61	768,65	1027,47	1328,00	1662,92
15	Volume Penyimpanan (V _n)	(13) + (14)	mm	23,52	52,35	80,92	157,04	271,18	422,87	612,00	845,13	1129,71	1460,14	1828,39	2224,74
16	Perubahan Volume Air (DV _n)	V _n - V _{n-1}	mm	-27,95	28,83	28,57	76,12	114,14	151,69	189,13	233,14	284,58	330,44	368,25	396,35
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	3,55	3,60	6,32	11,28	20,30	32,89	49,05	69,06	93,60	122,74	155,86	192,10
18	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	-6,61	8,78	9,45	23,67	36,41	49,99	64,50	81,84	102,41	122,73	141,93	159,36
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm	-3,05	12,38	15,76	34,95	56,70	82,88	113,55	150,90	196,01	245,47	297,79	351,45
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,515	0,166	0,276	0,175	0,274	0,414	0,549	0,630	0,979	1,187	1,488	1,699
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,017	0,006	0,009	0,006	0,009	0,014	0,018	0,020	0,033	0,038	0,050	0,055
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E^6)		m ³	1,38	0,40	0,74	0,45	0,73	1,07	1,47	1,69	2,54	3,18	3,86	4,55

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :			
- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi (Diambil 20%)			- Koefisien infiltrasi 0,79
- Kapasitas kelembaban tanah SMC = 31,00 mm			- Faktor resesi aliran air tanah 0,91
(Soil Moisture Contents)			- Penyimpanan awal (initial storage) 243,50
- Daerah Aliran Sungai = 12,950 km ²			- m ditentukan 30

Luas DAS

:

12,950 km²

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	95,0	171,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (ETo)	ETo	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,08	0,08	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
6	E = (ETo) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	8,60	8,01	27,86	24,68	22,11	23,57	25,19	30,09	35,71	35,26	33,34	30,24
7	Et = (ETo) - (E)	(3) - (6)	mm	106,12	98,79	75,33	66,73	59,78	63,72	68,11	81,36	96,55	95,32	90,13	81,77
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	Ds = P - Et	(1) - (7)	mm	-11,12	72,21	-75,33	-66,73	-59,78	-63,72	-68,11	-81,36	-96,55	-95,32	-90,13	-81,77
9	Kandungan Air Tanah		mm	-11,12	0,00	-75,33	-66,73	-59,78	-63,72	-68,11	-81,36	-96,55	-95,32	-90,13	-81,77
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	31,00	31,00	-44,33	-111,07	-170,84	-234,57	-302,68	-384,03	-480,58	-575,91	-666,04	-747,81
11	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm	-31,00	41,21	44,33	111,07	170,84	234,57	302,68	384,03	480,58	575,91	666,04	747,81
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	-24,39	32,42	34,89	87,40	134,44	184,58	238,18	302,20	378,17	453,18	524,10	588,45
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	-23,29	30,96	33,31	83,44	128,35	176,23	227,40	288,52	361,06	432,67	500,39	561,82
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	46,81	21,39	47,61	73,60	142,83	246,64	384,60	556,61	768,65	1027,47	1328,00	1662,92
15	Volume Penyimpanan (Vn)	(13) + (14)	mm	23,52	52,35	80,92	157,04	271,18	422,87	612,00	845,13	1129,71	1460,14	1828,39	2224,74
16	Perubahan Volume Air (DVn)	Vn - V(n-1)	mm	-27,95	28,83	28,57	76,12	114,14	151,69	189,13	233,14	284,58	330,44	368,25	396,35
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	3,55	3,60	6,32	11,28	20,30	32,89	49,05	69,06	93,60	122,74	155,86	192,10
18	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	-6,61	8,78	9,45	23,67	36,41	49,99	64,50	81,84	102,41	122,73	141,93	159,36
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm	-3,05	12,38	15,76	34,95	56,70	82,88	113,55	150,90	196,01	245,47	297,79	351,45
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,515	0,166	0,276	0,175	0,274	0,414	0,549	0,630	0,979	1,187	1,488	1,699
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,017	0,006	0,009	0,006	0,009	0,014	0,018	0,020	0,033	0,038	0,050	0,055
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E^6)		m ³	1,38	0,40	0,74	0,45	0,73	1,07	1,47	1,69	2,54	3,18	3,86	4,55

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :							
- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi (Diambil 20%)				- Koefisien infiltrasi		0,79	
- Kapasitas kelembaban tanah SMC =	31,00	mm		- Faktor resesi aliran air tanah		0,91	
(Soil Moisture Contents)				- Penyimpanan awal (initial storage)		243,50	
- Daerah Aliran Sungai	=	12,950	km ²	- m ditentukan	30		

Tabel 4.63 Perhitungan Debit Andalan Bulanan Tahun 2008 Dengan Metode F.J.Mock

DAS : Clungup
Luas DAS : 12,950 km²

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1	Curah Hujan (P)	Data	mm	350,0	266,0	389,0	225,0	125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	395,0	375,0	498,0
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	5	17	23	10	5	0	0	0	0	8	19	16
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (ET _p)	ET _p	mm	114,72	106,81	103,20	91,42	81,88	87,29	93,30	111,45	132,26	130,58	123,46	112,02
4	Pemukaaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,20	0,02	0,00	0,12	0,20	0,27	0,27	0,27	0,27	0,15	0,00	0,03
6	E = (ET _p) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm	22,37	1,60	0,00	10,97	15,97	23,57	25,19	30,09	35,71	19,59	0,00	3,36
7	Et = (ET _p) - (E)	(3) - (6)	mm	92,35	105,20	103,20	80,45	65,92	63,72	68,11	81,36	96,55	110,99	123,46	108,65
III	KESEIMBANGAN AIR														
8	D _s = P - Et	(1) - (7)	mm	257,65	160,80	285,80	144,55	59,08	-63,72	-68,11	-81,36	-96,55	284,01	251,54	389,35
9	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-63,72	-68,11	-81,36	-96,55	0,00	0,00	0,00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	-32,72	100,83	182,19	278,74	31,00	31,00	31,00
11	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm	226,65	129,80	254,80	113,55	28,08	32,72	100,83	182,19	278,74	253,01	220,54	358,35
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	178,35	102,14	200,51	89,36	22,10	25,75	79,35	143,37	219,34	199,09	173,54	281,98
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	170,28	97,52	191,43	85,31	21,10	24,58	75,76	136,88	209,42	190,08	165,69	269,22
14	k * V (n - 1)	Hitungan (13) + (14)	-	46,81	197,44	268,27	418,10	457,85	435,60	418,54	449,56	533,37	675,56	787,31	866,75
15	Volume Penyimpanan (V _n)	V _n - V(n-1)	mm	217,09	294,96	459,70	503,41	478,95	460,19	494,30	586,44	742,79	865,65	952,99	1135,97
16	Perubahan Volume Air (DV _n)	(12) - (16)	mm	165,62	77,87	164,74	43,71	-24,46	-18,76	34,11	92,14	156,34	122,86	87,35	182,98
17	Aliran Dasar (BF)	(11) - (12)	mm	12,73	24,27	35,77	45,65	46,56	44,51	45,24	51,22	63,00	76,23	86,19	99,01
18	Aliran Langsung (DR)	(17) + (18)	mm	48,30	27,66	54,30	24,20	5,98	6,97	21,49	38,82	59,40	53,92	47,00	76,36
19	Aliran (R)		mm	61,03	51,93	90,07	69,84	52,54	51,48	66,73	90,05	122,40	130,15	133,19	175,37
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	0,295	0,278	0,435	0,349	0,254	0,257	0,323	0,435	0,612	0,629	0,665	0,848
22	Debit Aliran Sungai		m ³ /det/hari	0,010	0,010	0,014	0,012	0,008	0,009	0,010	0,014	0,020	0,020	0,022	0,027
23	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
24	Debit Aliran (dibaca : 10E ⁶)		m ³	0,79	0,67	1,17	0,90	0,68	0,67	0,86	1,17	1,59	1,69	1,72	2,27

Sumber : Perhitungan

Parameter terpakai :			
- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi (Diambil 20%)			- Koefisien infiltrasi 0,79
- Kapasitas kelembaban tanah SMC = 31,00 mm			- Faktor resesi aliran air tanah 0,91
(Soil Moisture Contents)			- Penyimpanan awal (initial storage) 243,50
- Daerah Aliran Sungai = 12,950 km ²			- m ditentukan 30

Tabel 4.66. Rekapitulasi perhitungan debit F.J. Mock

BULAN	DEBIT m ³ /detik									
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Jan	0,156	0,198	0,287	0,122	0,305	0,140	0,351	0,392	0,515	0,295
Feb	0,114	0,366	0,320	0,398	0,343	0,127	0,397	0,468	0,166	0,278
Mar	0,245	0,310	0,260	0,003	0,254	0,143	0,559	0,517	0,276	0,435
Apr	0,433	0,192	0,436	0,413	0,214	0,093	0,419	0,630	0,175	0,349
Mei	0,218	0,180	0,344	0,026	0,158	0,103	0,294	0,451	0,274	0,254
Jun	0,182	0,280	0,381	0,065	0,228	0,092	0,242	0,406	0,414	0,257
Jul	0,133	0,194	0,315	0,067	0,314	0,075	0,572	0,418	0,549	0,323
Aug	0,120	0,277	0,352	0,192	0,446	0,110	0,352	0,485	0,630	0,435
Sep	0,354	0,422	0,414	0,413	0,611	0,179	0,472	0,620	0,979	0,612
Okt	0,580	0,884	0,547	0,643	0,950	0,212	0,923	0,748	1,187	0,629
Nop	0,658	1,281	0,633	0,820	1,261	0,239	1,011	0,884	1,488	0,665
Des	0,638	1,459	0,612	1,277	1,359	0,230	1,014	0,870	1,699	0,848
Minimum	0,114	0,180	0,260	0,003	0,158	0,075	0,242	0,392	0,166	0,254
Rerata	0,319	0,504	0,408	0,370	0,537	0,145	0,551	0,574	0,696	0,448
Maksimum	0,658	1,459	0,633	1,277	1,359	0,239	1,014	0,884	1,699	0,848

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.67 Perhitungan Q80 dengan Metode FJ Mock (*Basic Month*)

P (%)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
9,091	1,051	1,435	1,918	0,433	0,103	0,663	0,828	0,141	0,073	1,444	1,385	2,477
18,182	0,960	1,247	1,14	0,630	0,740	0,614	0,145	0,075	0,039	1,303	1,369	1,551
27,273	0,939	1,042	1,023	0,436	0,625	0,395	0,155	0,074	0,038	0,522	1,122	1,534
36,364	0,921	1,008	0,922	0,413	0,575	0,300	0,150	0,072	0,037	0,306	1,011	1,441
45,455	0,834	0,89	0,878	0,419	0,429	0,230	0,117	0,059	0,030	0,059	0,607	1,034
54,545	0,710	0,79	0,844	0,349	0,302	0,172	0,083	0,042	0,022	0,019	0,080	0,657
63,636	0,641	0,774	0,607	0,214	0,168	0,141	0,068	0,034	0,018	0,019	0,028	0,234
72,727	0,494	0,713	0,548	0,192	0,151	0,087	0,042	0,021	0,018	0,010	0,010	0,132
81,818	0,259	0,646	0,178	0,093	0,112	0,058	0,028	0,014	0,007	0,005	0,005	0,039
90,909	0,124	0,621	0,133	0,175	0,033	0,017	0,008	0,004	0,002	0,001	0,001	0,000
Q80	0,306	0,659	0,252	0,113	0,119	0,064	0,031	0,015	0,009	0,006	0,006	0,058

Sumber : Hasil Perhitungan

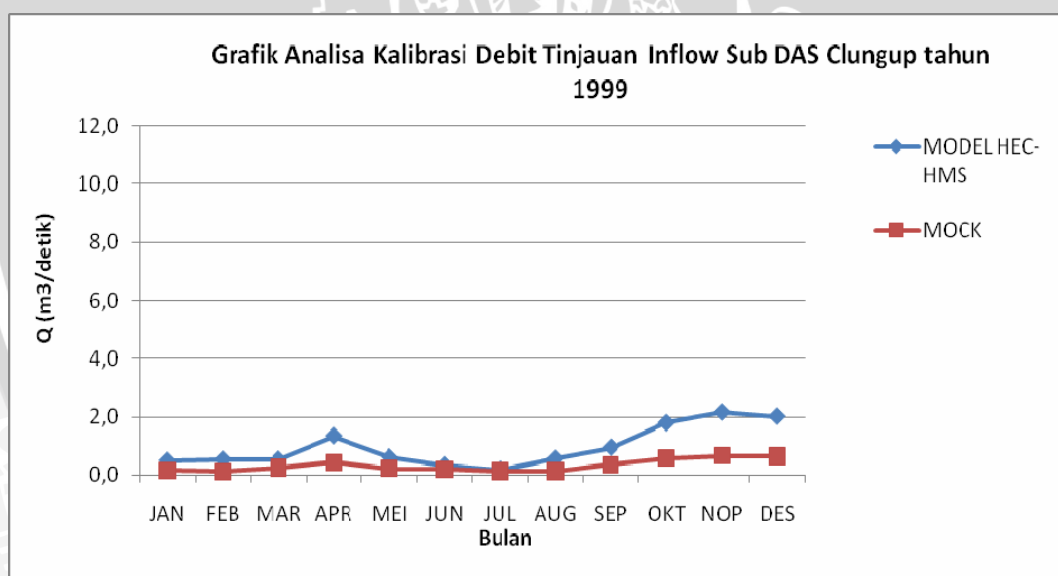
4.5.2 Perbandingan debit model HEC- HMS 3.2. dengan FJ. Mock Clungup

Tabel 4.68 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 1999

Bulan	Total Debit (m ³ /detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	0,494	0,156
Feb	0,532	0,114
Mar	0,535	0,245
Apr	1,347	0,433
Mei	0,613	0,218
Jun	0,340	0,182
Jul	0,190	0,133
Aug	0,568	0,120
Sep	0,950	0,354
Okt	1,794	0,580
Nop	2,160	0,658
/Des	2,016	0,638

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.14 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 1999

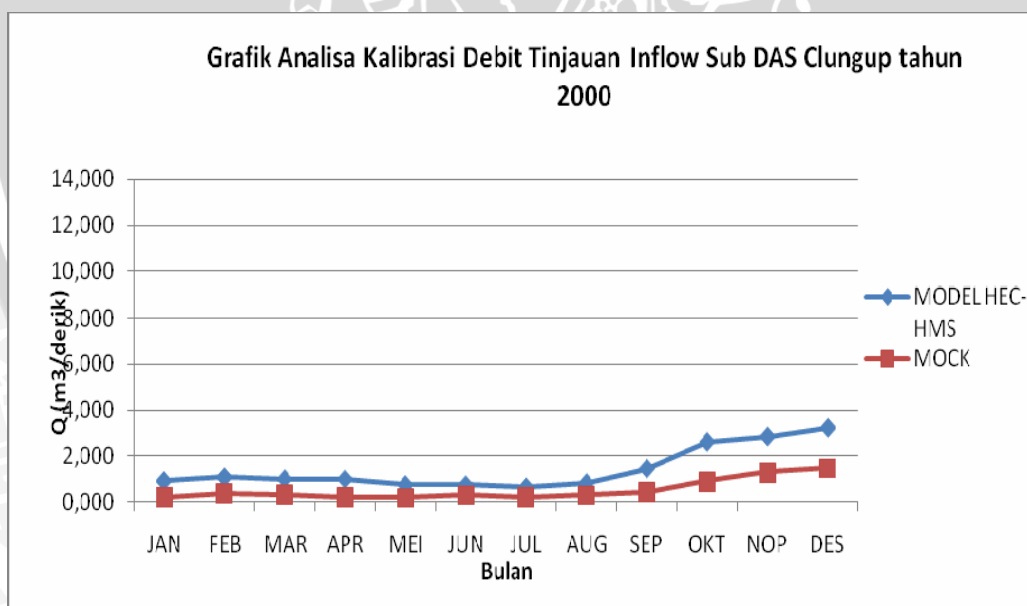


Tabel 4.69 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 2000

Bulan	Total Debit (m ³ /detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	0,923	0,198
Feb	1,086	0,366
Mar	1,003	0,310
Apr	1,000	0,192
Mei	0,739	0,180
Jun	0,733	0,280
Jul	0,645	0,194
Aug	0,832	0,277
Sep	1,460	0,422
Okt	2,626	0,884
Nop	2,857	1,281
Des	3,239	1,459

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.15 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 2000

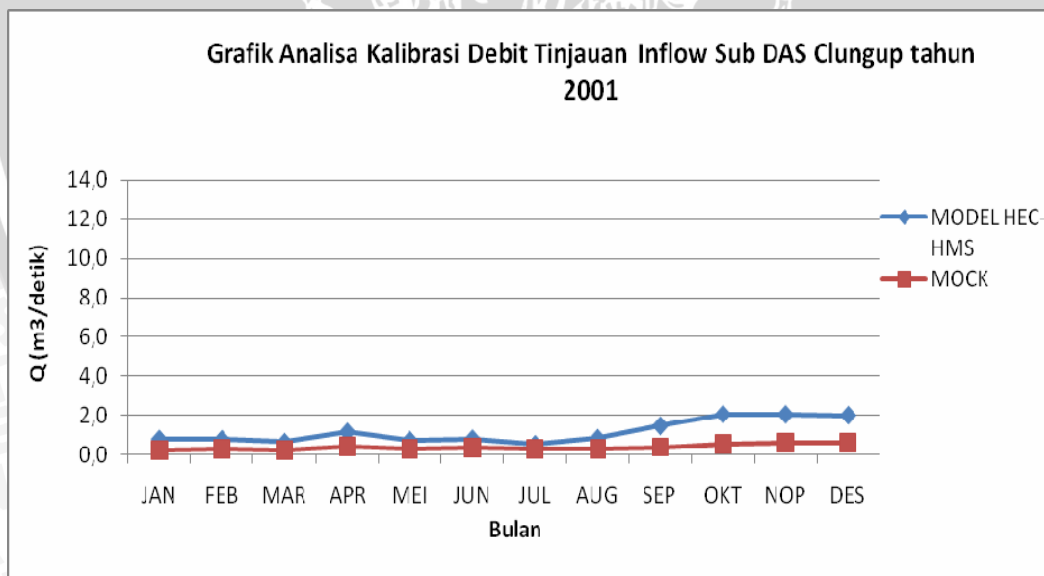


Tabel 4.70 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 2001

Bulan	Total Debit (m ³ /detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	0,797	0,287
Feb	0,789	0,320
Mar	0,632	0,260
Apr	1,157	0,436
Mei	0,742	0,344
Jun	0,810	0,381
Jul	0,529	0,315
Aug	0,835	0,352
Sep	1,477	0,414
Okt	2,061	0,547
Nop	2,054	0,633
Des	2,013	0,612

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.16 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 2001

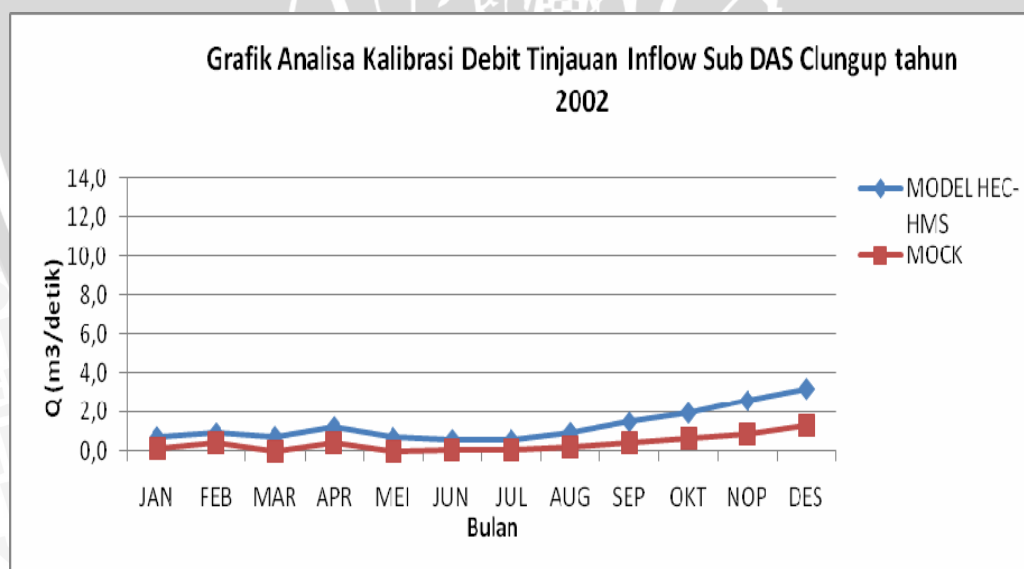


Tabel 4.71 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 2002

Bulan	Total Debit (m3/detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	0,690	0,122
Feb	0,879	0,398
Mar	0,706	0,003
Apr	1,197	0,413
Mei	0,655	0,026
Jun	0,543	0,065
Jul	0,548	0,067
Aug	0,910	0,192
Sep	1,460	0,413
Okt	1,929	0,643
Nop	2,557	0,820
Des	3,177	1,277

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.17 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 2002

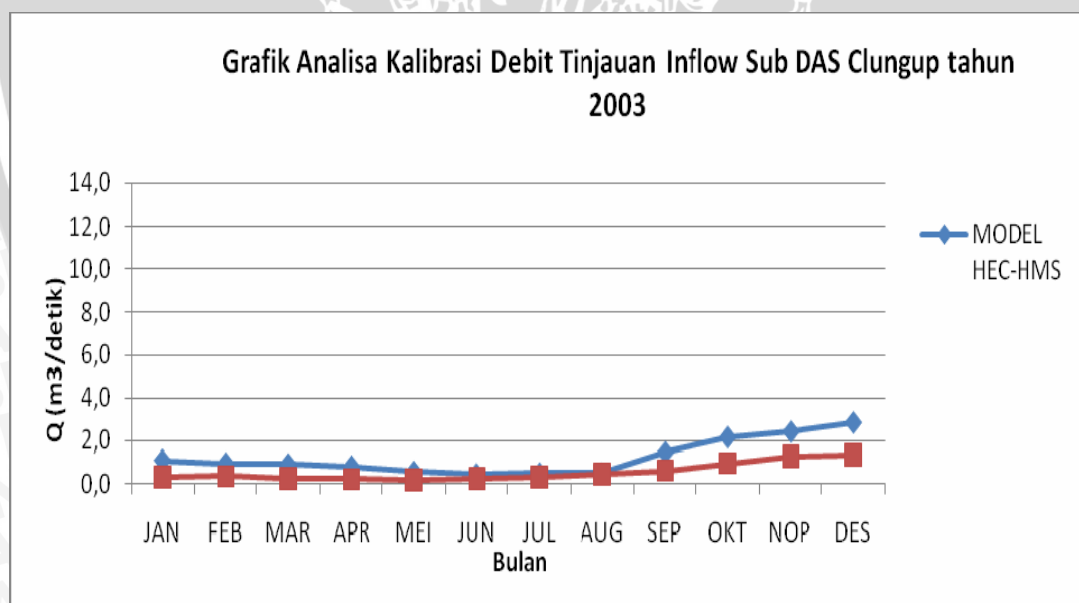


Tabel 4.72 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 2003

Bulan	Total Debit (m ³ /detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	1,103	0,305
Feb	0,968	0,343
Mar	0,919	0,254
Apr	0,823	0,214
Mei	0,574	0,158
Jun	0,460	0,228
Jul	0,500	0,314
Aug	0,500	0,446
Sep	1,460	0,611
Okt	2,158	0,950
Nop	2,413	1,261
Des	2,832	1,359

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.18 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 2003

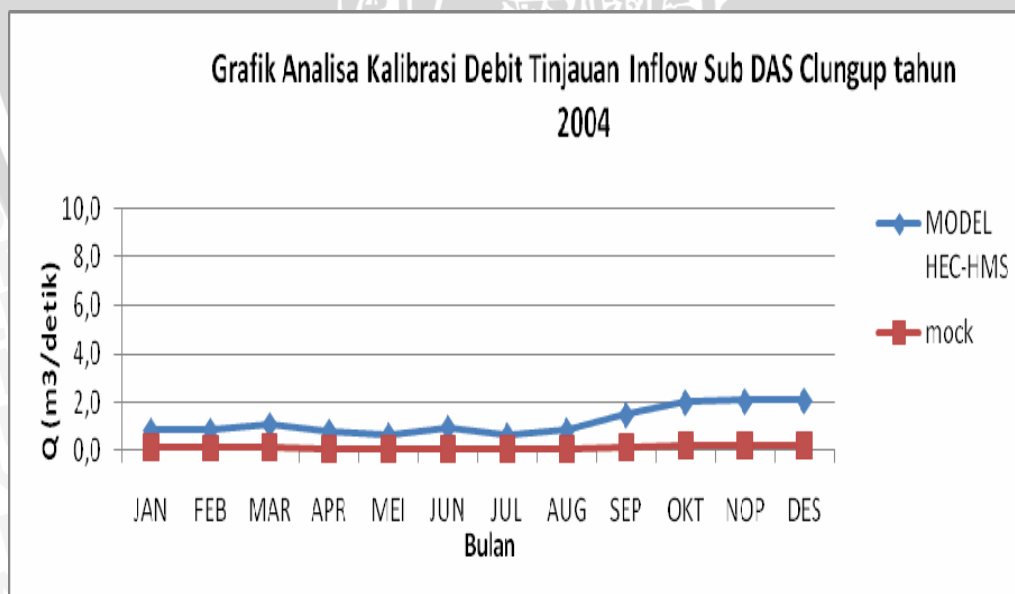


Tabel 4.73 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 2004

Bulan	Total Debit (m ³ /detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	0,852	0,140
Feb	0,859	0,127
Mar	1,094	0,143
Apr	0,820	0,093
Mei	0,655	0,103
Jun	0,967	0,092
Jul	0,648	0,075
Aug	0,852	0,110
Sep	1,497	0,179
Okt	2,019	0,212
Nop	2,064	0,239
Des	2,090	0,230

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.19 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 2004

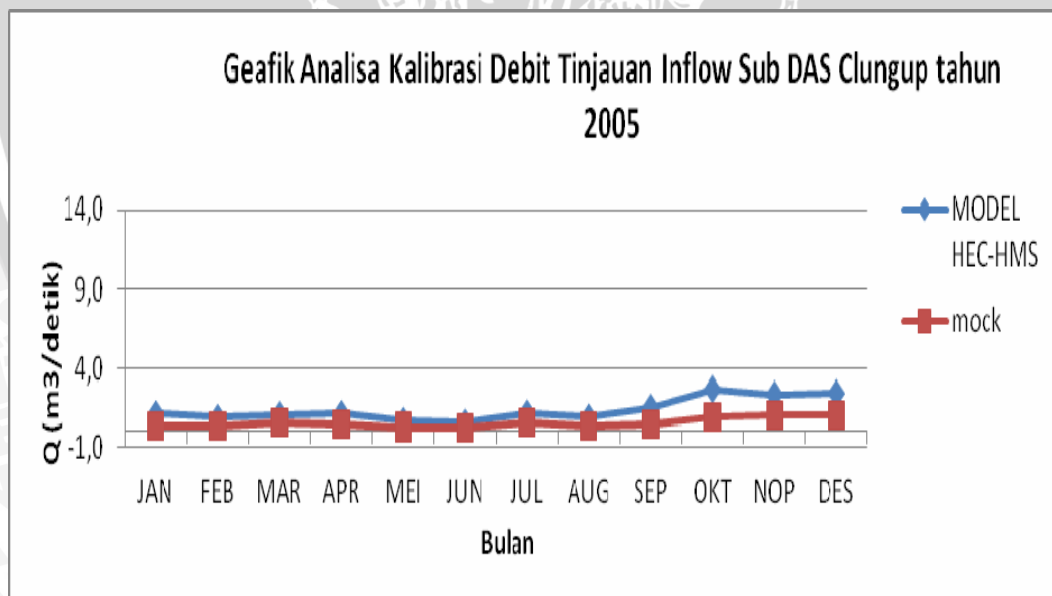


Tabel 4.74 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 2005

Bulan	Total Debit (m ³ /detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	1,055	0,351
Feb	0,814	0,397
Mar	1,019	0,559
Apr	1,073	0,419
Mei	0,626	0,294
Jun	0,517	0,242
Jul	1,110	0,572
Aug	0,842	0,352
Sep	1,477	0,472
Okt	2,626	0,923
Nop	2,287	1,011
Des	2,370	1,014

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.20 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 2005

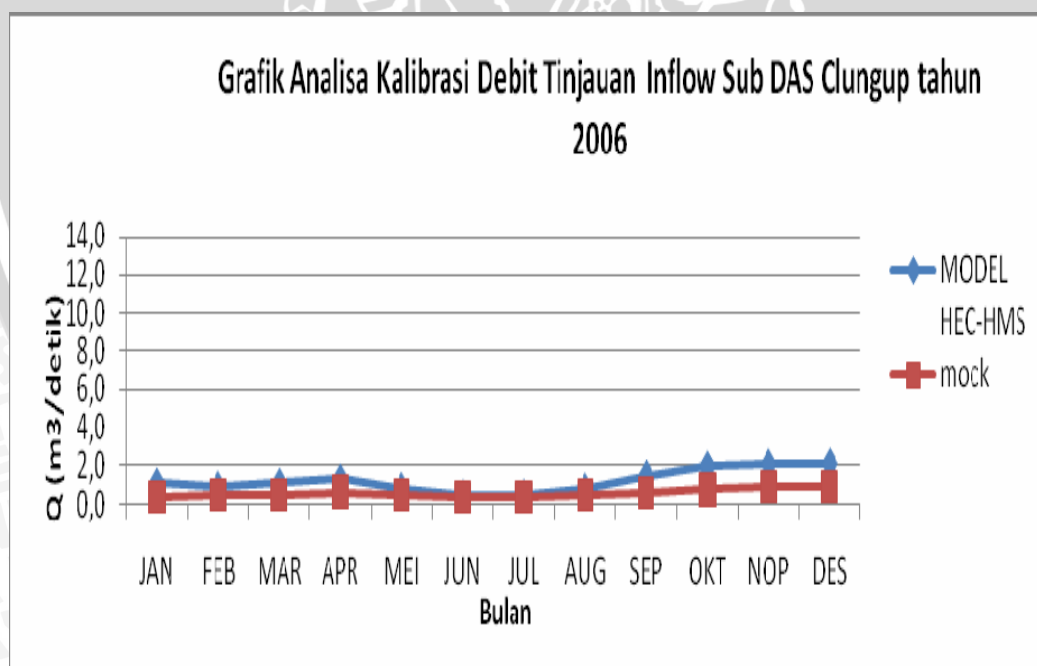


Tabel 4.75 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 2006

Bulan	Total Debit (m3/detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	1,061	0,392
Feb	0,900	0,468
Mar	1,052	0,517
Apr	1,267	0,630
Mei	0,835	0,451
Jun	0,467	0,406
Jul	0,487	0,418
Aug	0,806	0,485
Sep	1,460	0,620
Okt	1,929	0,748
Nop	2,041	0,884
Des	2,061	0,870

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.21 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 2006

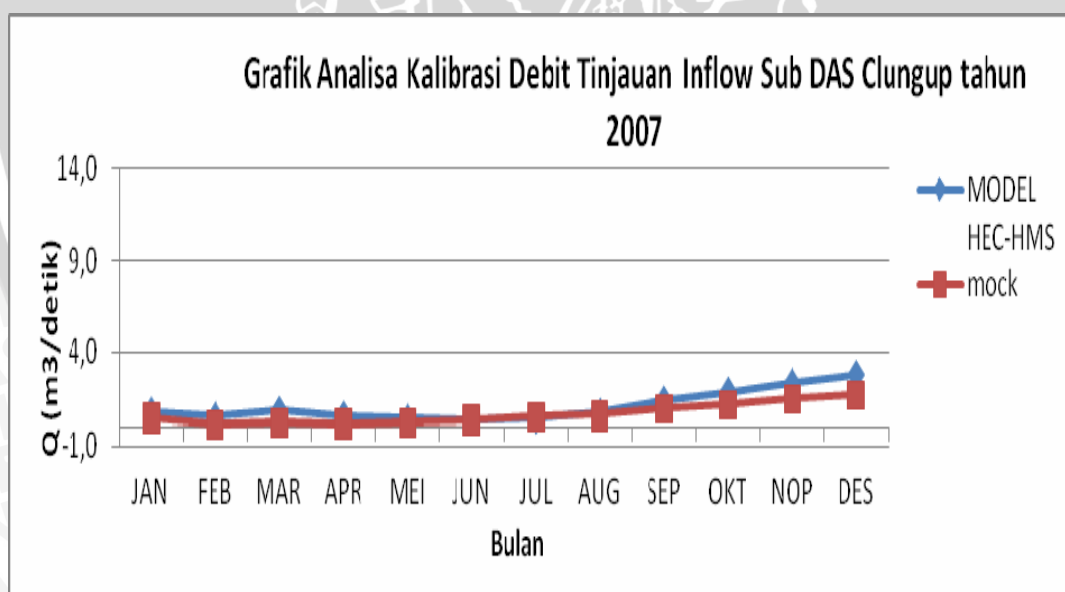


Tabel 4.76 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 2007

Bulan	Total Debit (m3/detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	0,858	0,515
Feb	0,614	0,166
Mar	0,900	0,276
Apr	0,647	0,175
Mei	0,519	0,274
Jun	0,403	0,414
Jul	0,487	0,549
Aug	0,806	0,630
Sep	1,460	0,979
Okt	1,929	1,187
Nop	2,413	1,488
Des	2,832	1,699

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.22 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 2007

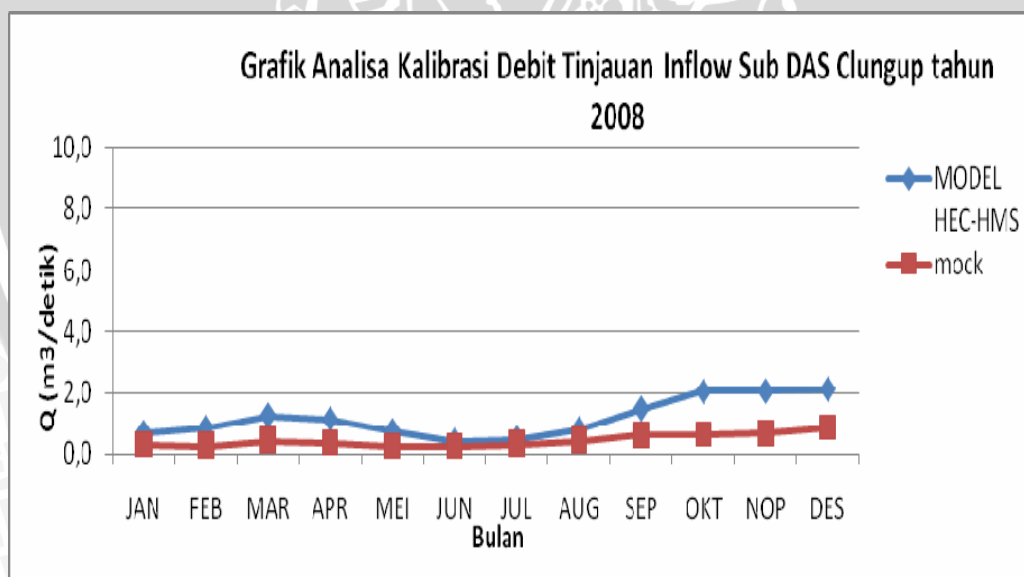


Tabel 4.77 Hasil Kalibrasi debit HEC-HMS pada tahun 2008

Bulan	Total Debit (m ³ /detik)	
	Model	FJ. Mock
Jan	0,677	0,295
Feb	0,855	0,278
Mar	1,239	0,435
Apr	1,117	0,349
Mei	0,739	0,254
Jun	0,420	0,257
Jul	0,487	0,323
Aug	0,806	0,435
Sep	1,460	0,612
Okt	2,023	0,629
Nop	2,034	0,665
Des	2,097	0,848

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.23 Analisa Kalibrasi Debit Tinjauan Inflow Sub DAS Clungup Tahun 2008

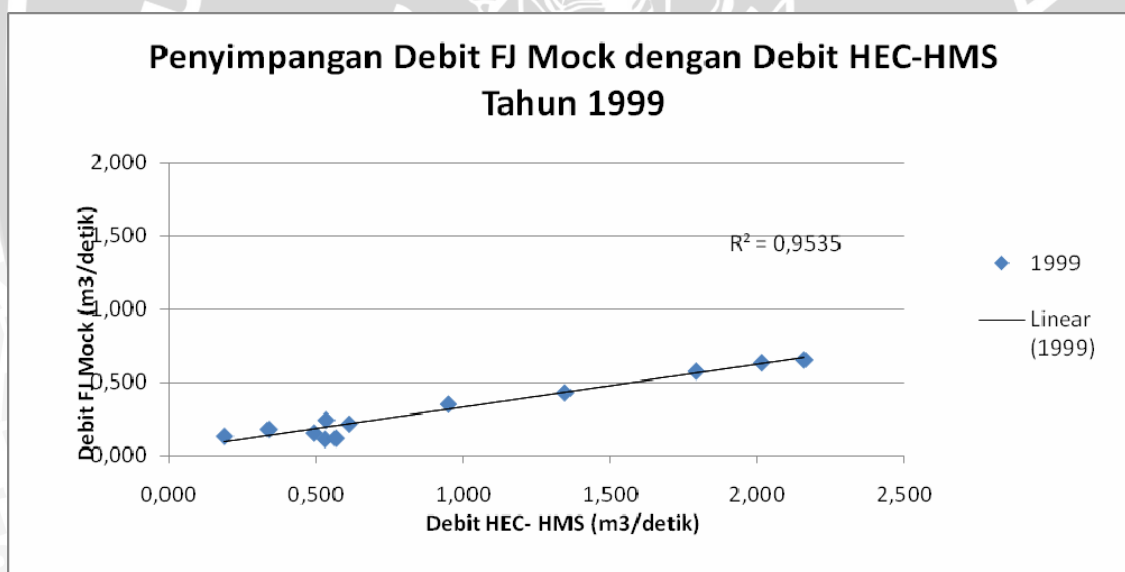


4.5.2.2. Uji konsistensi Hasil Simulasi

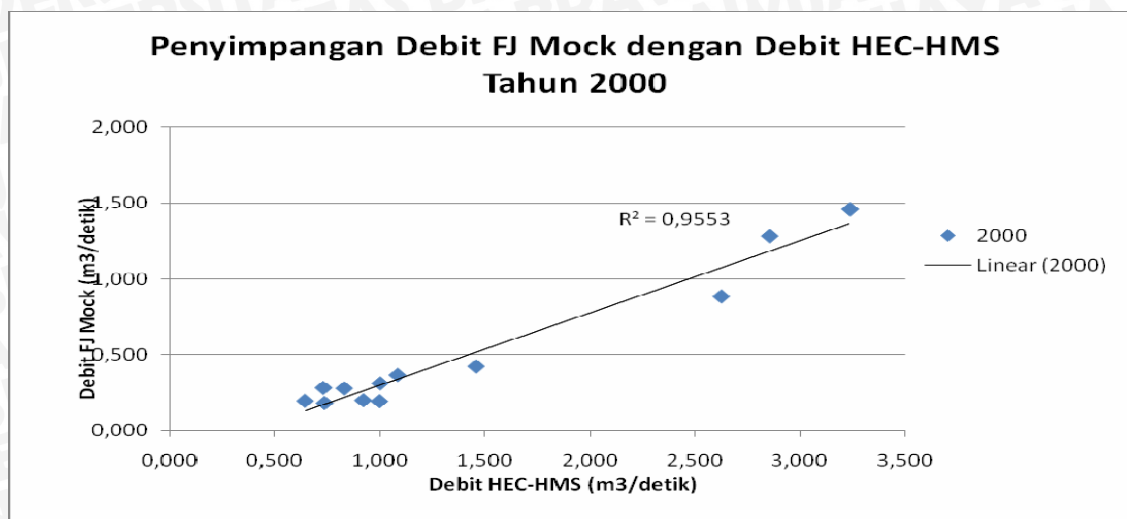
4.5.2.2.1. Metode Regresi (R)

Analisis Regresi adalah analisis yang membahas hubungan dua variabel atau lebih. Derajat hubungan tersebut umumnya dinyatakan secara kuantitatif sebagai koefisien determinasi berkisar antara $-1,0 \leq R \leq 1,0$. Nilai ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

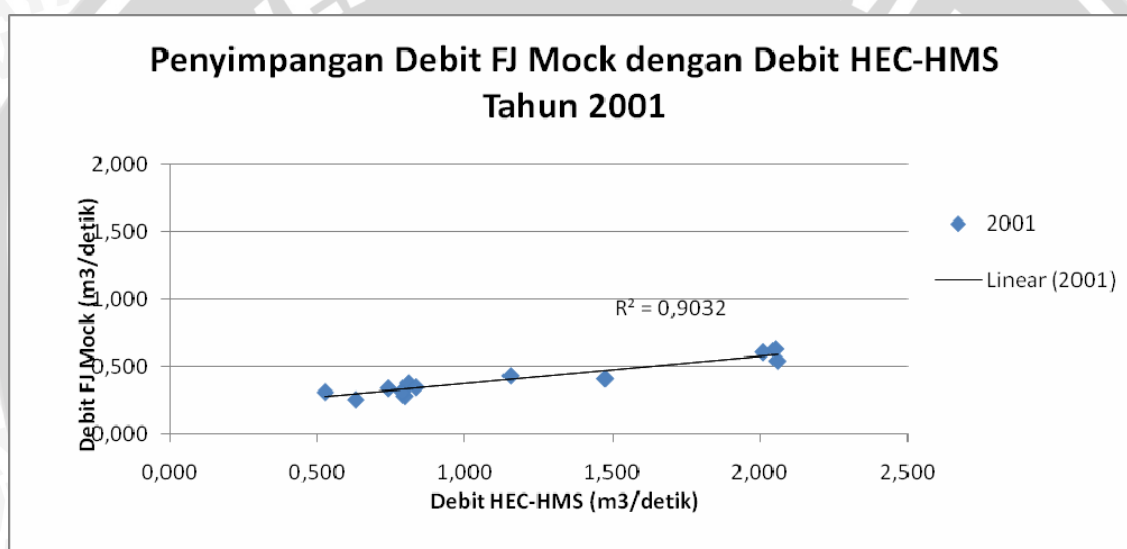
$R = 1$	hubungan positif sempurna
$0,6 < R < 1$	hubungan langsung positif baik
$0 < R < 0,6$	hubungan langsung positif lemah
$R = 0$	tidak terdapat hubungan linier
$6 < R < 0$	hubungan langsung negatif lemah
$-1 < R < -0,6$	hubungan langsung negatif baik
$R = -1$	Hubungan negatif sempurna



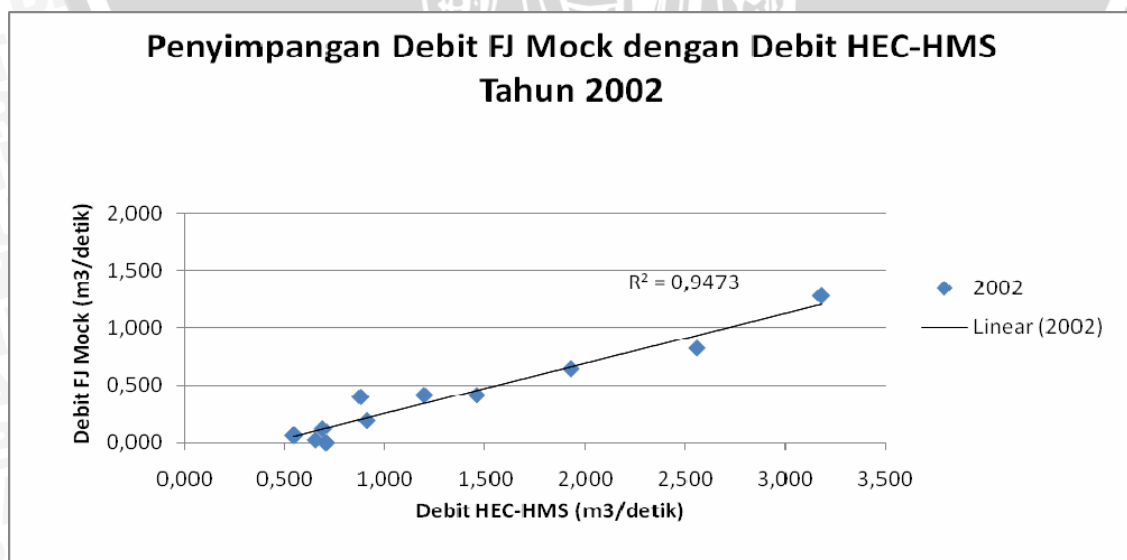
Gambar 4.24 Grafik Penyimpangan Debit Sesudah dikalibrasi untuk tahun 1999



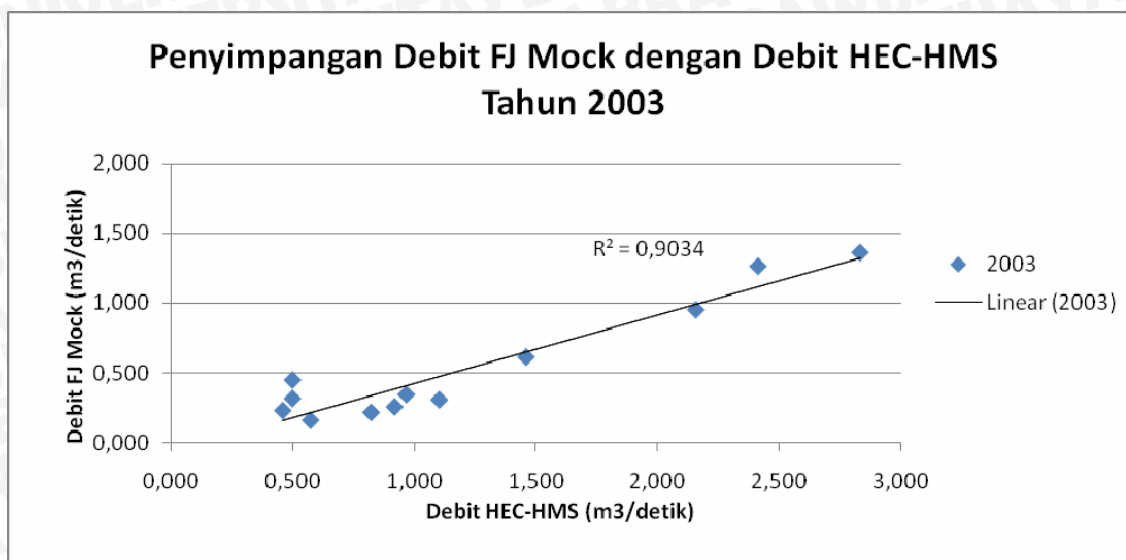
Gambar 4.25 Grafik Penyimpangan Debit Sesudah diakalibrai untuk tahun 2000



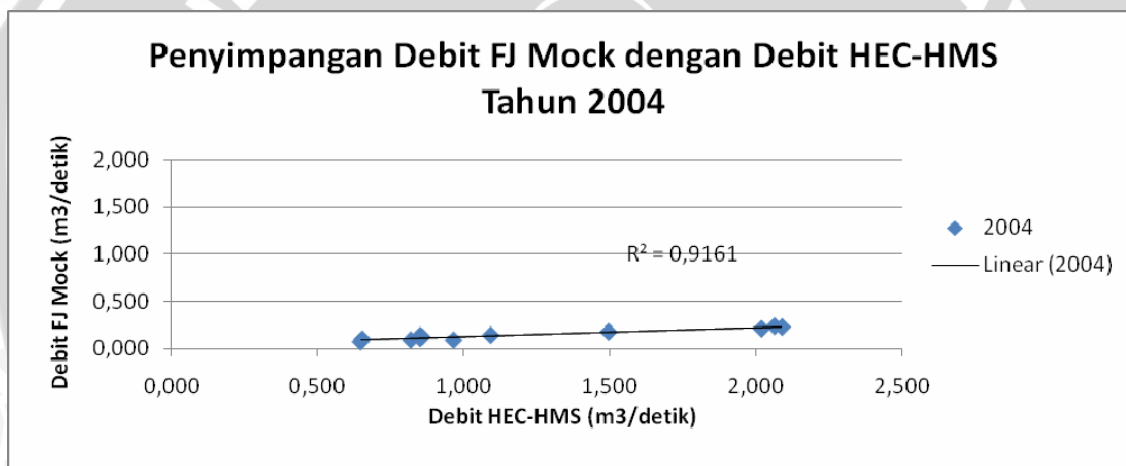
Gambar 4.26 Grafik Penyimpangan Debit Sesudah dikalibrasi untuk tahun 2001



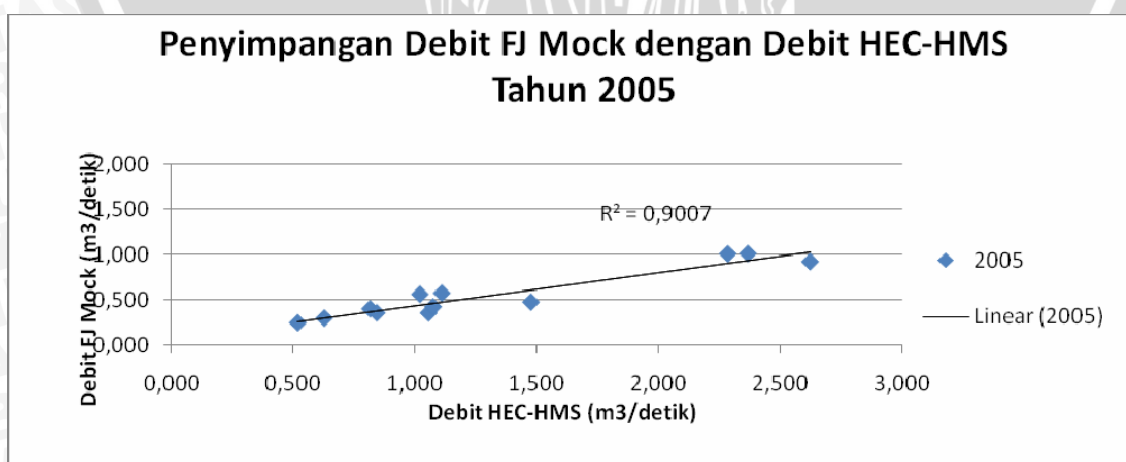
Gambar 4.27 Grafik Penyimpangan Debit Sesudah dikalibrasi untuk tahun 2002



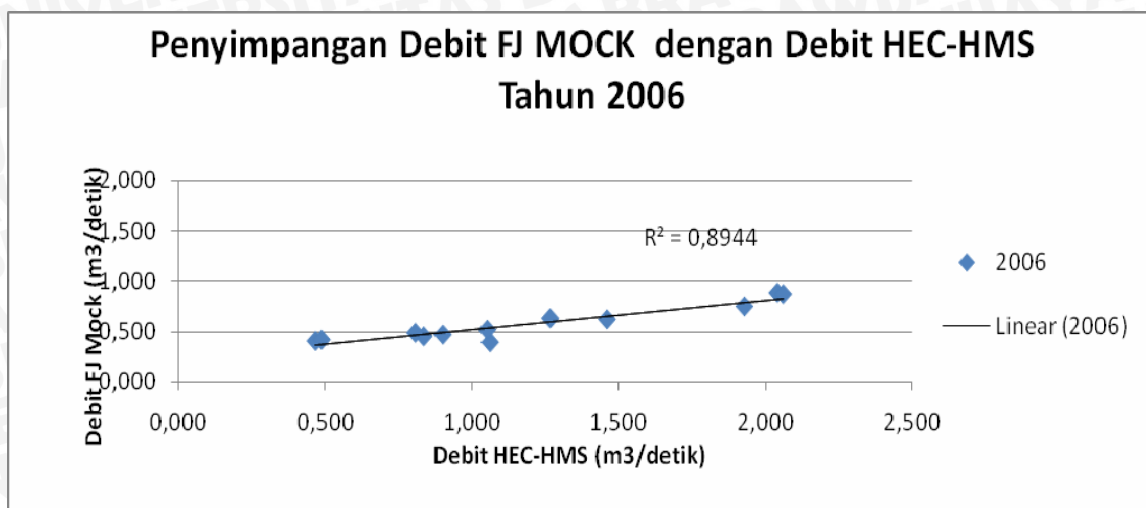
Gambar 4.28 Grafik Penyimpangan Debit Sesudah dikalibrasi untuk tahun 2003



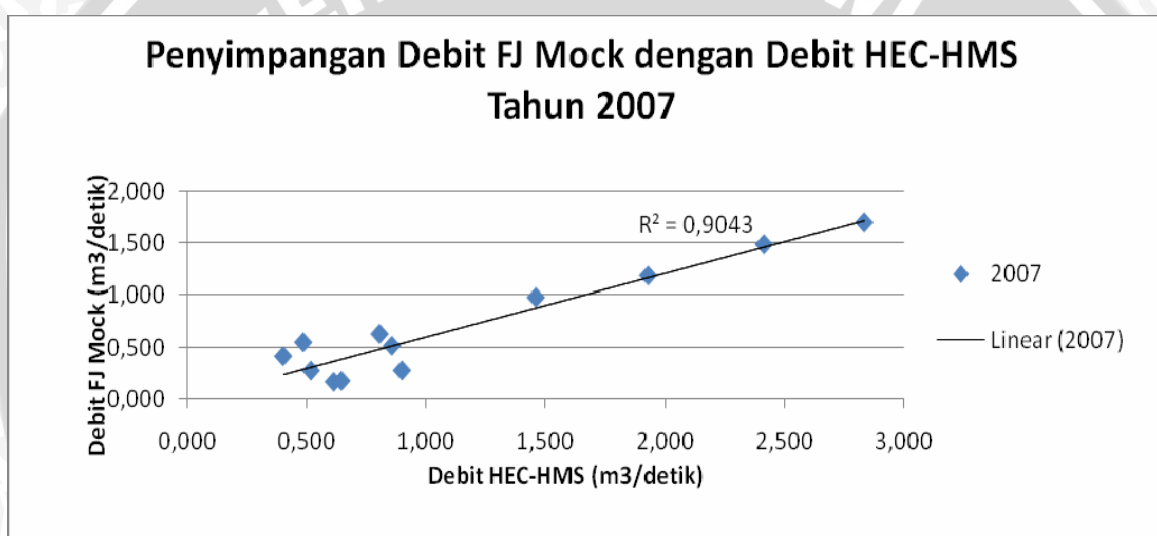
Gambar 4.29 Grafik Penyimpangan Debit Sesudah dikalibrasi untuk tahun 2004



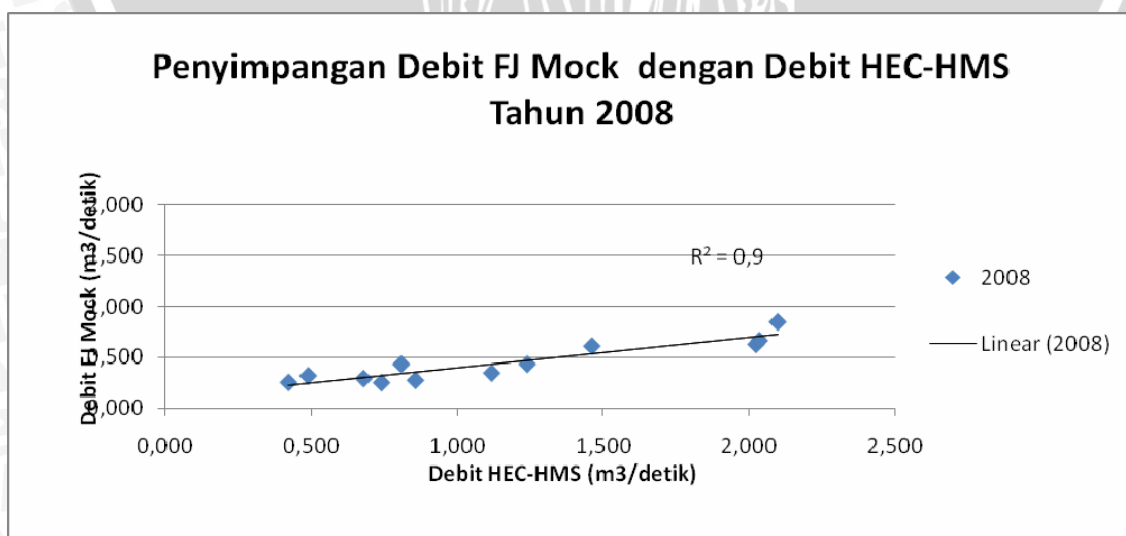
Gambar 4.30 Grafik Penyimpangan Debit Sesudah dikalibrasi untuk tahun 2005



Gambar 4.31. Grafik Penyimpangan Debit Sesudah dikalibrasi untuk tahun 2006



Gambar 4.32. Grafik Penyimpangan Debit Sesudah dikalibrasi untuk tahun 2007



Gambar 4.33 Grafik Penyimpangan Debit Sesudah dikalibrasi untuk tahun 2008

Tabel 4.78 Rekapitulasi koefisien Korelasi

Tahun	R ²	R
1999	0,954	0,976
2000	0,955	0,977
2001	0,903	0,950
2002	0,947	0,973
2003	0,903	0,950
2004	0,916	0,957
2005	0,901	0,949
2006	0,894	0,946
2007	0,904	0,951
2008	0,900	0,949
Rerata	0,918	0,958

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5.2.2 Pengujian Nilai Rata-Rata

Masalah umum yang biasa dijumpai dalam analisis hidrologi adalah membandingkan nilai rata-rata dari dua sampel. Misalnya saja pengambilan sampel dilakukan secara acak dengan jumlah N_1 , yang diambil dari suatu populasi dengan nilai rata-rata tidak diketahui (*unknown mean*) sebesar μ_1 dan sampel yang lain dengan jumlah N_2 yang diambil dari suatu populasi dengan nilai rata-rata tidak diketahui (*unknown mean*) sebesar μ_2 . Pengukuran sampel yang pertama adalah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{n1}$ dan sampel-sampel yang kedua adalah $X'_1, X'_2, X'_3, \dots, X'_{n2}$. Nilai rata-ratanya adalah $\bar{X}_1$ dan $\bar{X}_2$ (Soewarno, 1995:8)

Melalui pengujian ini, akan didapatkan jawaban dari dugaan atau pernyataan “apakah terdapat perbedaan nyata antara $\bar{X}_1$ dan $\bar{X}_2$ ”. Dengan kata lain menguji hipotesis nol. (Soewarno, 1995:8)

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Dengan Hipotesis alternatif :

$$H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_0 : \mu_1 > \mu_2$$

$$H_0 : \mu_1 < \mu_2$$

Beberapa asumsi yang diambil dalam pengujian ini adalah

1. Hasil pengukuran mempunyai distribusi normal
2. Populasi mempunyai nilai varian (σ^2) yang sama
3. Dua sampel yang diuji adlah bebas (*independent*)

Pengujian nilai rata-rata dapat menggunakan pengujian distribusi normal atau pengujian distribusi $-t$ (Soewarno, 1995:9)

4.5.2.2.1 Uji T

Pada umumnya kita mempunyai N buah pasang (*paired*) data pengukuran X_{1j} , X_{2j} , X_{3j} , X'_{nj} ($j = 1, 2, 3, \dots, N$) yang merupakan pengukuran bebas (*independent*) dari populasi rata-rata μ_{1j} , μ_{2j} . Hipotesis nol untuk tiap pasang rata-rata adalah :

$$H_0 : \mu_1 < \mu_2 \quad (\text{untuk semua } j)$$

Perbedaan tiap pengukuran adalah

$$d_j = X_{1j} - X_{2j} \quad (j = 1, 2, \dots, N)$$

Apabila populasi mempunyai distribusi normal dan rata-rata perbedaan diberi simbol $\bar{d}$, dan deviasi standar dari perbedaan adalah S, serta kesalahan standar (*standar error*) dari d adalah σ , maka kita dapat menggunakan uji - t sebagai berikut:

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}}{N_1 + N_2 - 2}$$

Keterangan :

t = nilai student's - t terhitung

$\bar{d}$ = perbedaan rata-rata

σ = kesalahan standar dari rata-rata

S = deviasi standar

N = jumlah data

Tabel 4.79 Uji T Debit Sesudah Kalibrasi tahun 1999 -2008

No.	FJ Mock (m3/det)	Pemodelan (m3/det)	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	0,156	0,494	0,09	0,51
2	0,114	0,532	0,12	0,46
3	0,245	0,535	0,04	0,45
4	0,433	1,347	0,00	0,02
5	0,218	0,613	0,06	0,35
6	0,182	0,340	0,07	0,75
7	0,133	0,190	0,10	1,04
8	0,120	0,568	0,11	0,41
9	0,354	0,950	0,01	0,07
10	0,580	1,794	0,02	0,34
11	0,658	2,160	0,04	0,91
12	0,638	2,016	0,03	0,65
13	0,198	0,923	0,07	0,08
14	0,366	1,086	0,01	0,01
15	0,310	1,003	0,02	0,04
16	0,192	1,000	0,07	0,04
17	0,180	0,739	0,08	0,22
18	0,280	0,733	0,03	0,23
19	0,194	0,645	0,07	0,32
20	0,277	0,832	0,03	0,14
21	0,422	1,460	0,00	0,06
22	0,884	2,626	0,18	2,01
23	1,281	2,857	0,68	2,72
24	1,459	3,239	1,01	4,12
25	0,287	0,797	0,03	0,17
26	0,320	0,789	0,02	0,18
27	0,260	0,632	0,04	0,33
28	0,436	1,157	0,00	0,00
29	0,344	0,742	0,01	0,22
30	0,381	0,810	0,01	0,16
31	0,315	0,529	0,02	0,46
32	0,352	0,835	0,01	0,14
33	0,414	1,477	0,00	0,07
34	0,547	2,061	0,01	0,73
35	0,633	2,054	0,03	0,72
36	0,612	2,013	0,02	0,65
37	0,122	0,690	0,11	0,27
38	0,398	0,879	0,00	0,11
39	0,003	0,706	0,20	0,25
40	0,413	1,197	0,00	0,00
41	0,026	0,655	0,18	0,31
42	0,065	0,543	0,15	0,44
43	0,067	0,548	0,15	0,44
44	0,192	0,910	0,07	0,09
45	0,413	1,460	0,00	0,06
46	0,643	1,929	0,04	0,52

47	0,820	2,557	0,13	1,82
48	1,277	3,177	0,68	3,88
49	0,305	1,103	0,02	0,01
50	0,343	0,968	0,01	0,06
51	0,254	0,919	0,04	0,08
52	0,214	0,823	0,06	0,15
53	0,158	0,574	0,09	0,40
54	0,228	0,460	0,05	0,56
55	0,314	0,500	0,02	0,50
56	0,446	0,500	0,00	0,50
57	0,611	1,460	0,02	0,06
58	0,950	2,158	0,24	0,90
59	1,261	2,413	0,65	1,45
60	1,359	2,832	0,82	2,64
61	0,140	0,852	0,10	0,13
62	0,127	0,859	0,11	0,12
63	0,143	1,094	0,10	0,01
64	0,093	0,820	0,13	0,15
65	0,103	0,655	0,12	0,31
66	0,092	0,967	0,13	0,06
67	0,075	0,648	0,14	0,31
68	0,110	0,852	0,12	0,13
69	0,179	1,497	0,08	0,08
70	0,212	2,019	0,06	0,66
71	0,239	2,064	0,05	0,73
72	0,230	2,090	0,05	0,78
73	0,351	1,055	0,01	0,02
74	0,397	0,814	0,00	0,16
75	0,559	1,019	0,01	0,04
76	0,419	1,073	0,00	0,02
77	0,294	0,626	0,03	0,34
78	0,242	0,517	0,05	0,48
79	0,572	1,110	0,01	0,01
80	0,352	0,842	0,01	0,13
81	0,472	1,477	0,00	0,07
82	0,923	2,626	0,22	2,01
83	1,011	2,287	0,31	1,16
84	1,014	2,370	0,31	1,35
85	0,392	1,061	0,00	0,02
86	0,468	0,900	0,00	0,09
87	0,517	1,052	0,00	0,02
88	0,630	1,267	0,03	0,00
89	0,451	0,835	0,00	0,14
90	0,406	0,467	0,00	0,55
91	0,418	0,487	0,00	0,52
92	0,485	0,806	0,00	0,16
93	0,620	1,460	0,03	0,06
94	0,748	1,929	0,09	0,52
95	0,884	2,041	0,18	0,69
96	0,870	2,061	0,17	0,73
97	0,515	0,858	0,00	0,12
98	0,166	0,614	0,08	0,35
99	0,276	0,900	0,03	0,09
100	0,175	0,647	0,08	0,32

101	0,274	0,519	0,03	0,47
102	0,414	0,403	0,00	0,65
103	0,549	0,487	0,01	0,52
104	0,630	0,806	0,03	0,16
105	0,979	1,460	0,27	0,06
106	1,187	1,929	0,54	0,52
107	1,488	2,413	1,07	1,45
108	1,699	2,832	1,55	2,64
109	0,295	0,677	0,03	0,28
110	0,278	0,855	0,03	0,12
111	0,435	1,239	0,00	0,00
112	0,349	1,117	0,01	0,01
113	0,254	0,739	0,04	0,22
114	0,257	0,420	0,04	0,62
115	0,323	0,487	0,02	0,52
116	0,435	0,806	0,00	0,16
117	0,612	1,460	0,02	0,06
118	0,629	2,023	0,03	0,66
119	0,665	2,034	0,04	0,68
120	0,848	2,097	0,15	0,79
		Jumlah	13,67	59,56

Rerata Lapangan	0,455	S1 :	0,539
Rerata Model	1,208	S2 :	1,126
		SE :	2,903
		t :	0,2008
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
238	2,301	1,6155	1,260
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_o < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.80 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 1999

No.	Pemodelan	F.J.Mock	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	0,494	0,156	0,219	0,027
2	0,532	0,114	0,184	0,042
3	0,535	0,245	0,182	0,005
4	1,347	0,433	0,148	0,013
5	0,613	0,218	0,122	0,010
6	0,340	0,182	0,386	0,019
7	0,190	0,133	0,595	0,035
8	0,568	0,120	0,155	0,040
9	0,950	0,354	0,000	0,001
10	1,794	0,580	0,692	0,068
11	2,160	0,658	1,436	0,115
12	2,016	0,638	1,112	0,102
		Jumlah	5,232	0,476

Rerata Lapangan	0,962	S1 :	0,690
Rerata Model	0,319	S2 :	0,208
		SE :	0,509
		t :	0,309
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_0 < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.81 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 2000

No.	Debit Lapangan	Pemodelan	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	0,923	0,198	0,256	0,093
2	1,086	0,366	0,117	0,019
3	1,003	0,310	0,181	0,038
4	1,000	0,192	0,184	0,097
5	0,739	0,180	0,476	0,105
6	0,733	0,280	0,483	0,050
7	0,645	0,194	0,614	0,096
8	0,832	0,277	0,356	0,051
9	1,460	0,422	0,001	0,007
10	2,626	0,884	1,433	0,145
11	2,857	1,281	2,040	0,605
12	3,239	1,459	3,277	0,912
		Jumlah	9,417	2,217

Rerata Lapangan	1,429	S1 :	0,925
Rerata Model	0,504	S2 :	0,449
		SE :	0,727
		t :	0,312
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_0 < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.82 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 2001

No.	Debit Lapangan	Pemodelan	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	0,797	0,287	0,131	0,015
2	0,789	0,320	0,136	0,008
3	0,632	0,260	0,276	0,022
4	1,157	0,436	0,000	0,001
5	0,742	0,344	0,173	0,004
6	0,810	0,381	0,121	0,001
7	0,529	0,315	0,396	0,009
8	0,835	0,352	0,104	0,003
9	1,477	0,414	0,102	0,000
10	2,061	0,547	0,816	0,019
11	2,054	0,633	0,803	0,051
12	2,013	0,612	0,731	0,041
		Jumlah	3,788	0,173

Rerata Lapangan	1,158	S1 :	0,587
Rerata Model	0,408	S2 :	0,125
		SE :	0,424
		t :	0,433
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_o < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.83 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 2002

No.	Debit Lapangan	Pemodelan	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	0,6903	0,1217	0,337	0,062
2	0,8786	0,3982	0,154	0,001
3	0,7065	0,0028	0,319	0,135
4	1,1967	0,4133	0,006	0,002
5	0,6548	0,0261	0,380	0,118
6	0,5433	0,0650	0,529	0,093
7	0,5484	0,0670	0,522	0,092
8	0,9097	0,1920	0,131	0,032
9	1,4600	0,4127	0,036	0,002
10	1,9290	0,6433	0,433	0,075
11	2,5567	0,8205	1,653	0,203
12	3,1774	1,2774	3,635	0,823
		Jumlah	8,133	1,637

Rerata Lapangan	1,271	S1 :	0,860
Rerata Model	0,370	S2 :	0,386
		SE :	0,666
		t :	0,331
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_o < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.84 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 2003

No.	Debit Lapangan	Pemodelan	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	1,1032	0,3050	0,015	0,054
2	0,9679	0,3429	0,067	0,038
3	0,9194	0,2543	0,094	0,080
4	0,8233	0,2142	0,162	0,104
5	0,5742	0,1578	0,425	0,144
6	0,4600	0,2279	0,587	0,096
7	0,5000	0,3138	0,527	0,050
8	0,5000	0,4464	0,527	0,008
9	1,4600	0,6111	0,055	0,005
10	2,1581	0,9495	0,869	0,170
11	2,4133	1,2614	1,410	0,525
12	2,8323	1,3590	2,580	0,676
		Jumlah :	7,317	1,949

Rerata Lapangan	1,226	S1 :	0,816
Rerata Model	0,537	S2 :	0,421
		SE :	0,649
		t :	0,260
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_o < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.85 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 2004

No.	Pemodelan	FJ.Mock	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	0,852	0,140	0,122	0,000
2	0,859	0,127	0,117	0,000
3	1,094	0,143	0,012	0,000
4	0,820	0,093	0,145	0,003
5	0,655	0,103	0,299	0,002
6	0,967	0,092	0,055	0,003
7	0,648	0,075	0,306	0,005
8	0,852	0,110	0,122	0,001
9	1,497	0,179	0,087	0,001
10	2,019	0,212	0,669	0,004
11	2,064	0,239	0,744	0,009
12	2,090	0,230	0,790	0,007
		Jumlah	3,468	0,036

Rerata Lapangan	1,201	S1 :	0,562
Rerata Model	0,145	S2 :	0,057
		SE :	0,399
		t :	0,648
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_0 < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.86 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 2005

No.	Debit Lapangan	Pemodelan	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	1,055	0,351	0,069	0,040
2	0,814	0,397	0,254	0,024
3	1,019	0,559	0,089	0,000
4	1,073	0,419	0,060	0,017
5	0,626	0,294	0,479	0,066
6	0,517	0,242	0,642	0,095
7	1,110	0,572	0,043	0,000
8	0,842	0,352	0,227	0,040
9	1,477	0,472	0,025	0,006
10	2,626	0,923	1,710	0,139
11	2,287	1,011	0,939	0,212
12	2,370	1,014	1,107	0,215
		Jumlah	5,645	0,855

Rerata Lapangan	1,318	S1 :	0,716
Rerata Model	0,551	S2 :	0,279
		SE :	0,544
		t :	0,346
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_o < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.87 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 2006

No.	Debit Lapangan	Pemodelan	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	1,061	0,392	0,018	0,033
2	0,900	0,468	0,088	0,011
3	1,052	0,517	0,021	0,003
4	1,267	0,630	0,005	0,003
5	0,835	0,451	0,131	0,015
6	0,467	0,406	0,534	0,028
7	0,487	0,418	0,504	0,024
8	0,806	0,485	0,153	0,008
9	1,460	0,620	0,069	0,002
10	1,929	0,748	0,536	0,030
11	2,041	0,884	0,712	0,096
12	2,061	0,870	0,746	0,088
		Jumlah	3,517	0,343

Rerata Lapangan	1,197	S1 :	0,565
Rerata Model	0,574	S2 :	0,177
		SE :	0,419
		t :	0,364
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_o < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.88 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 2007

No.	Debit Lapangan	Pemodelan	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	0,8581	0,5150	0,089	0,033
2	0,6143	0,1660	0,293	0,281
3	0,9000	0,2760	0,065	0,176
4	0,6467	0,1746	0,259	0,272
5	0,5194	0,2742	0,405	0,178
6	0,4033	0,4141	0,566	0,079
7	0,4871	0,5490	0,447	0,022
8	0,8065	0,6300	0,122	0,004
9	1,4600	0,9793	0,093	0,080
10	1,9290	1,1868	0,598	0,241
11	2,4133	1,4878	1,581	0,627
12	2,8323	1,6993	2,810	1,007
		Jumlah	7,329	3,000

Rerata Lapangan	1,156	S1 :	0,816
Rerata Model	0,696	S2 :	0,522
		SE :	0,685
		t :	0,164
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_o < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

Tabel 4.89 Uji T debit sesudah kalibrasi tahun 2008

No.	Debit Lapangan	Pemodelan	(X-Xr)2 Lapangan	(X-Xr)2 Pemodelan
1	0,6774	0,2951	0,236	0,024
2	0,8552	0,2780	0,095	0,029
3	1,2387	0,4355	0,006	0,000
4	1,1167	0,3490	0,002	0,010
5	0,7387	0,2540	0,180	0,038
6	0,4200	0,2572	0,552	0,037
7	0,4871	0,3226	0,457	0,016
8	0,8065	0,4354	0,127	0,000
9	1,4600	0,6115	0,088	0,027
10	2,0230	0,6293	0,740	0,033
11	2,0340	0,6654	0,759	0,047
12	2,0970	0,8479	0,873	0,160
		Jumlah	4,113	0,419

Rerata Lapangan	1,163	S1 :	0,612
Rerata Model	0,448	S2 :	0,195
		SE :	0,454
		t :	0,386
v	Tc 1%	Tc 5%	Tc 10 %
22	2,51	1,72	1,32
Keputusan	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena $t_o < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1999-2008 adalah memiliki hasil yang sama/populasi yang sama.

4.5.2.2.2 Uji F

Analisis varian dikenalkan oleh seorang statistikawan, yaitu Sir Ronald A. Fisher (1890-1962). Analisis varian merupakan salah satu metode analisis statistik yang bertujuan untuk menganalisis variasi data yang terjadi karena berbagai variasi sumber (*sources*) atau sebab (*causes*). Pada mulanya dikembangkan untuk terutama dalam penelitian dibidang pertanian, namun sekarang metode ini telah dikembangkan untuk berbagai ilmu pengetahuan termasuk hidrologi. Ada beberapa anggapan dalam analisis varian (Soewarno, 1995:57) :

1. populasi yang diuji mempunyai distribusi normal
2. populasi yang diuji mempunyai nilai varian yang sama

Hal yang perlu diingat bahwa pada analisis varian adalah bahwa analisis ini tidak dimaksudkan untuk menguji perbedaan nilai varian setiap populasi akan tetapi justru untuk menguji nilai rata-ratanya dengan menggunakan Uji – F. Umumnya analisis varian dapat dibedakan menjadi dua model, yaitu (Soewarno, 1995:58) :

1. Klasifikasi satu arah (*one-way classification*) : model ini digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan atau tidak dari beberapa kelompok sampel.
2. Klasifikasi dua arah (*two-way classification*) : model ini digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan atau tidak setiap variat pada setiap kelompok dan juga menguji apakah ada perbedaan setiap kelompok sampel.

Klasifikasi Dua Arah

Dalam kalsifikasi dua arah, kumpulan data diklasifikasikan menurut dua kriteria atau faktor, dengan menyusun data tersebut dalam (Soewarno, 1995:67) :

1. Kelas (*classes*) disebut juga kolom (*column*), dalam analisis hidrologi umumnya merupakan kelompok data yang diukur dari lokasi yang berbeda (beda lokasi pos).
2. Grup (*group*), disebut juga baris (*row*), dalam analisis hidrologi umumnya merupakan periode waktu setiap data dari setiap kelompok data diukur (beda waktu).

Dengan demikian, kelas, kolom dan kelompok data menyatakan klasifikasi yang satu (dalam analisis hidrologi menyatakan perbedaan lokasi). Sedangkan grup, baris dan periode menyatakan klasifikasi yang lain (umumnya dalam analisis hidrologi menyatakan klasifikasi menurut perbedaan waktu atau periode pengukuran). Suatu hal yang harus diingat bahwa analisis varian klasifikasi dua arah dianggap bahwa:

1. Tiap sampel dari populasi mempunyai distribusi normal
2. Semua populasi mempunyai varian yang sama
3. Hipotesis yang diuji adalah :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots \mu_4 = \mu$$

Uji analisis ini pada dasarnya menghitung F score, lalu membandingkan dengan F tabel. Hipotesa yang diambil adalah :

H_0 : Debit Pemodelan HEC-HMS dan perhitungan FJ Mock Homogen dari bulan ke bulan.



Tabel 4.77 Uji Homogenitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 1999

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jumlah	Rerata tahunan
Hec-HMS	0,494	0,532	0,535	1,347	0,613	0,340	0,190	0,568	0,950	1,794	2,160	2,016	11,538	0,962
FJ Mock	0,156	0,114	0,245	0,433	0,218	0,182	0,133	0,120	0,354	0,580	0,658	0,638	3,832	0,319
Total bulanan	0,650	0,646	0,781	1,779	0,831	0,522	0,324	0,688	1,304	2,373	2,818	2,654	15,371	
Rerata bulanan	0,325	0,323	0,390	0,890	0,416	0,261	0,162	0,344	0,652	1,187	1,409	1,327		0,640

Variasi Debit Rata-rata Antar Sumber

Sumber	Xj	$n*(X_j - \bar{X})^2$
Hec-HMS	0,962	1,237
FJ Mock	0,319	1,237
	$V_2 =$	2,474

dengan derajat kebebasan $k-1 = 2-1 = 1$

Variasi antar grup

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
$\bar{X}_i$	0,325	0,323	0,390	0,890	0,416	0,261	0,162	0,344	0,652	1,187	1,409	1,327
$k*(\bar{X}_i - \bar{X})^2$	0,199	0,201	0,125	0,124	0,101	0,288	0,458	0,176	0,000	0,597	1,182	0,943
										$V_1 =$		4,394

dengan derajat kebebasan $n-1 = 12-1 = 11$

Kesalahan Residu

$(X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2$

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Hec-HMS	0,023	0,013	0,031	0,018	0,015	0,059	0,086	0,009	0,001	0,082	0,185	0,135
FJ Mock	0,023	0,013	0,031	0,018	0,015	0,059	0,086	0,009	0,001	0,082	0,185	0,135
										$V_3 =$		1,313

Tabel 4.77 Uji Homogenitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2000

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jumlah	Rerata tahunan
Hec-HMS	0,923	1,086	1,003	1,000	0,739	0,733	0,645	0,832	1,460	2,626	2,857	3,239	17,143	1,429
FJ. Mock	0,198	0,366	0,310	0,192	0,180	0,280	0,194	0,277	0,422	0,884	1,281	1,459	6,043	0,504
Total bulanan	1,121	1,452	1,313	1,192	0,919	1,014	0,839	1,109	1,882	3,510	4,138	4,697	23,186	0,966
Rerata bulanan	0,560	0,726	0,657	0,596	0,459	0,507	0,420	0,555	0,941	1,755	2,069	2,349		

Variasi Debit Rata-rata Antar Sumber

Sumber	X _j	k*(X _j -X) ²
Hec-HMS	1,429	2,567
FJ. Mock	0,504	2,567
	V ₂ =	5,134

dengan derajat kebebasan k-1 = 2-1 = 1

Variasi antar grup

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
X _i	0,560	0,726	0,657	0,596	0,459	0,507	0,420	0,555	0,941	1,755	2,069	2,349
n*(X _i -X) ²	0,329	0,115	0,192	0,274	0,513	0,422	0,597	0,339	0,001	1,244	2,433	5,836
										V ₁ =	12,296	

dengan derajat kebebasan n-1 = 12-1 = 11

Kesalahan Residu

(X_{ij}-X_i-X_j+X)²

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Hec-HMS	0,010	0,010	0,013	0,003	0,034	0,056	0,056	0,034	0,003	0,167	0,106	0,183
FJ. Mock	0,010	0,010	0,013	0,003	0,034	0,056	0,056	0,034	0,003	0,167	0,106	0,183
										V ₃ =	1,351	

Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
0,070	0,261	0,072	0,053	0,543

Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
0,070	0,261	0,072	0,053	0,543

Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
0,070	0,261	0,072	0,053	0,543

Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
0,070	0,261	0,072	0,053	0,543

Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
0,070	0,261	0,072	0,053	0,543

Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
0,070	0,261	0,072	0,053	0,543

Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
0,070	0,261	0,072	0,053	0,543

Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
0,070	0,261	0,072	0,053	0,543

0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
-------	-------	-------	-------	-------

0,596	0,422	0,594	0,946	1,304
-------	-------	-------	-------	-------



May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
340	0,304	0,308	0,551	0,936	0,936
392	0,459	0,452	0,108	0,047	0,047



	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
66	0,344	0,407	0,473	1,036	1,036
31	0,578	0,450	0,333	0,047	0,047

	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
19	0,052	0,063	0,101	0,006	
19	0,052	0,063	0,101	0,006	

Tabel 4.77 Uji Homogenitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2004

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jumlah	Rerata tahunan
Hec-HMS	0,852	0,859	1,094	0,820	0,655	0,967	0,648	0,852	1,497	2,019	2,064	2,090	14,415	1,201
FJ. Mock	0,140	0,127	0,143	0,093	0,103	0,092	0,075	0,110	0,179	0,212	0,239	0,230	1,743	0,145
Total bulanan	0,992	0,985	1,237	0,913	0,757	1,058	0,723	0,962	1,676	2,231	2,303	2,320	16,158	
Rerata bulanan	0,496	0,493	0,618	0,457	0,379	0,529	0,362	0,481	0,838	1,115	1,152	1,160		0,673

Variasi Debit Rata-rata Antar Sumber

Sumber	X_j	$k*(X_j - \bar{X})^2$
Hec-HMS	1,201	3,345
FJ. Mock	0,145	3,345
	$V_{2=}$	6,690

dengan derajat kebebasan $k-1 = 2-1 = 1$

Variasi antar grup

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
X_i	0,496	0,493	0,618	0,457	0,379	0,529	0,362	0,481	0,838	1,115	1,152	1,160
$n*(X_i - \bar{X})^2$	0,063	0,065	0,006	0,094	0,174	0,042	0,194	0,074	0,054	0,391	0,458	0,155
										$V_{1=}$		1,770

dengan derajat kebebasan $n-1 = 12-1 = 11$

Kesalahan Residu

$(X_{ij} - X_i - X_j + \bar{X})^2$

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Hec-HMS	0,030	0,026	0,003	0,027	0,063	0,008	0,058	0,025	0,017	0,141	0,148	0,162
FJ. Mock	0,030	0,026	0,003	0,027	0,063	0,008	0,058	0,025	0,017	0,141	0,148	0,162
										$V_{3=}$		1,416

Tabel 4.77 Uji Homogenitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2005

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jumlah	Rerata tahunan
Hec-HMS	1,055	0,814	1,019	1,073	0,626	0,517	1,110	0,842	1,477	2,626	2,287	2,370	15,815	1,318
FJ Mock	0,351	0,397	0,559	0,419	0,294	0,242	0,572	0,352	0,472	0,923	1,011	1,014	6,606	0,551
Total bulanan	1,406	1,211	1,579	1,493	0,920	0,758	1,682	1,194	1,949	3,549	3,298	3,384	22,421	
Rerata bulanan	0,703	0,605	0,789	0,746	0,460	0,379	0,841	0,597	0,974	1,775	1,649	1,692		0,934

Variasi Debit Rata-rata Antar Sumber

Sumber	X _j	n*(X _j -X) ²
Hec-HMS	1,318	1,767
FJ Mock	0,551	1,767
	V ₂ =	3,534

dengan derajat kebebasan k-1 = 2-1 = 1

Variasi antar grup

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
X _i	0,703	0,605	0,789	0,746	0,460	0,379	0,841	0,597	0,974	1,775	1,649	1,692
k*(X _i -X) ²	0,107	0,216	0,042	0,071	0,450	0,616	0,017	0,228	0,003	1,412	1,022	1,148
										V ₁ =		5,334

dengan derajat kebebasan n-1 = 12-1 = 11

Kesalahan Residu

(X_{ij}-X_i-X_j+X)²

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Hec-HMS	0,001	0,031	0,024	0,003	0,047	0,061	0,013	0,019	0,014	0,219	0,065	0,087
FJ Mock	0,001	0,031	0,024	0,003	0,047	0,061	0,013	0,019	0,014	0,219	0,065	0,087
										V ₃ =		1,165

	Jul	Aug	Sep	Oct
1999	0,077	0,023	0,012	0,000
2000	0,077	0,023	0,012	0,000

	Jul	Aug	Sep	Oct
1999	0,077	0,023	0,012	0,000
2000	0,077	0,023	0,012	0,000

	Jul	Aug	Sep	Oct
1999	0,077	0,023	0,012	0,000
2000	0,077	0,023	0,012	0,000

	Jul	Aug	Sep	Oct
1999	0,077	0,023	0,012	0,000
2000	0,077	0,023	0,012	0,000

	Jul	Aug	Sep	Oct
1999	0,077	0,023	0,012	0,000
2000	0,077	0,023	0,012	0,000

	Jul	Aug	Sep	Oct
1999	0,077	0,023	0,012	0,000
2000	0,077	0,023	0,012	0,000

	Jul	Aug	Sep	Oct
1999	0,077	0,023	0,012	0,000
2000	0,077	0,023	0,012	0,000

	Jul	Aug	Sep	Oct
1999	0,077	0,023	0,012	0,000
2000	0,077	0,023	0,012	0,000



Tabel 4.77 Uji Homogenitas Debit Sesudah Kalibrasi dan Lapangan Tahun 2008

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jumlah	Rerata tahunan
Hec-HMS	0,677	0,855	1,239	1,117	0,739	0,420	0,487	0,806	1,460	2,023	2,034	2,097	13,954	1,163
FJ.Mock	0,295	0,278	0,435	0,349	0,254	0,257	0,323	0,435	0,612	0,629	0,665	0,848	5,381	0,448
Total bulanan	0,972	1,133	1,674	1,466	0,993	0,677	0,810	1,242	2,072	2,652	2,699	2,945	19,335	0,806
Rerata bulanan	0,486	0,567	0,837	0,733	0,496	0,339	0,405	0,621	1,036	1,326	1,350	1,472		

Variasi Debit Rata-rata Antar Sumber

Sumber	Xj	k*(Xj-X) ²
Hec-HMS	1,163	0,674
FJ.Mock	0,448	2,736
	V ₂₌	3,410

dengan derajat kebebasan $k-1 = 2-1 = 1$

Variasi antar grup

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Xi	0,486	0,567	0,837	0,733	0,496	0,339	0,405	0,621	1,036	1,326	1,350	1,472
n*(Xi-X) ²	0,387	0,258	0,016	0,075	0,369	0,690	0,543	0,186	0,024	0,320	0,359	0,597
	V _I =											3,824

dengan derajat kebebasan $n-1 = 12-1 = 11$

Kesalahan Residu

$$(X_{ij} - X_i - X_j + X)^2$$

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Hec-HMS	0,061	0,052	0,171	0,220	0,011	0,051	0,072	0,022	0,000	0,052	0,024	0,165
FJ.Mock	0,007	0,133	0,106	0,173	0,112	0,106	0,080	0,038	0,017	0,204	0,652	0,884
											$V_{i=}$	3,412

Tabel 4.100 Uji Homogenitas Debit sesudah kalirasi tahun 1999-2008

Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jumlah	Rerata tahunan
Hec-HMS	0,494	0,532	0,535	1,347	0,613	0,340	0,190	0,568	0,950	1,794	2,160	2,016	11,538	0,962
Hec-HMS	0,923	1,086	1,003	1,000	0,739	0,733	0,645	0,832	1,460	2,626	2,857	3,239	17,143	1,429
Hec-HMS	0,797	0,789	0,632	1,157	0,742	0,810	0,529	0,835	1,477	2,061	2,054	2,013	13,896	1,158
Hec-HMS	0,690	0,879	0,706	1,197	0,655	0,543	0,548	0,910	1,460	1,929	2,557	3,177	15,251	1,271
Hec-HMS	1,103	0,968	0,919	0,823	0,574	0,460	0,500	0,500	1,460	2,158	2,413	2,832	14,712	1,226
Hec-HMS	0,852	0,859	1,094	0,820	0,655	0,967	0,648	0,852	1,497	2,019	2,064	2,090	14,415	1,201
Hec-HMS	1,055	0,814	1,019	1,073	0,626	0,517	1,110	0,842	1,477	2,626	2,287	2,370	15,815	1,318
Hec-HMS	1,061	0,900	1,052	1,267	0,835	0,467	0,487	0,806	1,460	1,929	2,041	2,061	14,366	1,197
Hec-HMS	0,858	0,614	0,900	0,647	0,519	0,403	0,487	0,806	1,460	1,929	2,413	2,832	13,870	1,156
Hec-HMS	0,677	0,855	1,239	1,117	0,739	0,420	0,487	0,806	1,460	2,023	2,034	2,097	13,954	1,163
Lapangan	0,156	0,114	0,245	0,433	0,218	0,182	0,133	0,120	0,354	0,580	0,658	0,638	3,832	0,319
Lapangan	0,198	0,366	0,310	0,192	0,180	0,280	0,194	0,277	0,422	0,884	1,281	1,459	6,043	0,504
Lapangan	0,287	0,320	0,260	0,436	0,344	0,381	0,315	0,352	0,414	0,547	0,633	0,612	4,902	0,408
Lapangan	0,122	0,398	0,003	0,413	0,026	0,065	0,067	0,192	0,413	0,643	0,820	1,277	4,440	0,370
Lapangan	0,305	0,343	0,254	0,214	0,158	0,228	0,314	0,446	0,611	0,950	1,261	1,359	6,443	0,537
Lapangan	0,140	0,127	0,143	0,093	0,103	0,092	0,075	0,110	0,179	0,212	0,239	0,230	1,743	0,145
Lapangan	0,351	0,397	0,559	0,419	0,294	0,242	0,572	0,352	0,472	0,923	1,011	1,014	6,606	0,551
Lapangan	0,392	0,468	0,517	0,630	0,451	0,406	0,418	0,485	0,620	0,748	0,884	0,870	6,887	0,574
Lapangan	0,515	0,166	0,276	0,175	0,274	0,414	0,549	0,630	0,979	1,187	1,488	1,699	8,352	0,696
Lapangan	0,295	0,278	0,435	0,349	0,254	0,257	0,323	0,435	0,612	0,629	0,665	0,848	5,381	0,448
Total bulanan	11,270	11,272	12,103	13,800	8,999	8,206	8,592	11,158	19,236	28,396	31,822	34,734	199,591	
Rerata bulanan	0,564	0,564	0,605	0,690	0,450	0,410	0,430	0,558	0,962	1,420	1,591	1,737		0,832

Variasi antar grup

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Xi	0,564	0,564	0,605	0,690	0,450	0,410	0,430	0,558	0,962	1,420	1,591	1,737
n*(Xi-X) ²	0,431	0,431	0,308	0,120	0,874	1,065	0,970	0,449	0,102	2,076	3,461	4,915
											V ₁₌	15,202

Tabel 4.101 Variasi Debit Rata-rata Antar Sumber

Lapangan	X_j	$k*(X_j - \bar{X})^2$
Hec-HMS	0,962	0,202
Hec-HMS	1,429	4,276
Hec-HMS	1,158	1,278
Hec-HMS	1,271	2,316
Hec-HMS	1,226	1,866
Hec-HMS	1,201	1,639
Hec-HMS	1,318	2,838
Hec-HMS	1,197	1,604
Hec-HMS	1,156	1,261
Hec-HMS	1,163	1,317
FJ Mock	0,319	3,149
FJ Mock	0,504	1,291
FJ Mock	0,408	2,149
FJ Mock	0,370	2,557
FJ Mock	0,537	1,042
FJ Mock	0,145	5,653
FJ Mock	0,551	0,948
FJ Mock	0,574	0,797
FJ Mock	0,696	0,221
FJ Mock	0,448	1,762
	$V_2 =$	38,167

Sumber : Hasil Perhitungan

$$(X_{ij}-X_i-X_j+X)^2$$

Hec-HMS	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Hec-HMS	0,0399	0,0260	0,0398	0,2775	0,0011	0,0401	0,1363	0,0144	0,0201	0,0595	0,1927	0,0223
Hec-HMS	0,0566	0,0055	0,0395	0,0823	0,0950	0,0750	0,1454	0,1041	0,0097	0,3710	0,4471	0,8191
Hec-HMS	0,0087	0,0101	0,0896	0,0197	0,0012	0,0054	0,0515	0,0024	0,0355	0,0993	0,0186	0,0025
Hec-HMS	0,0977	0,0155	0,1143	0,0045	0,0550	0,0938	0,1027	0,0077	0,0035	0,0049	0,2769	1,0028
Hec-HMS	0,0211	0,0001	0,0064	0,0681	0,0730	0,1188	0,1049	0,2045	0,0108	0,1183	0,1831	0,4917
Hec-HMS	0,0066	0,0056	0,0141	0,0574	0,0271	0,0349	0,0227	0,0058	0,0273	0,0527	0,0107	0,0003
Hec-HMS	0,0000	0,0555	0,0052	0,0106	0,0964	0,1444	0,0375	0,0409	0,0008	0,5179	0,0439	0,0216
Hec-HMS	0,0175	0,0009	0,0065	0,0446	0,0004	0,0956	0,0949	0,0137	0,0176	0,0206	0,0071	0,0017
Hec-HMS	0,0009	0,0748	0,0009	0,1351	0,0649	0,1097	0,0711	0,0057	0,0303	0,0342	0,2480	0,5950
Hec-HMS	0,0472	0,0016	0,0914	0,0091	0,0018	0,1034	0,0749	0,0068	0,0279	0,0740	0,0125	0,0008
Lapangan	0,0110	0,0039	0,0233	0,0650	0,0788	0,0804	0,0466	0,0056	0,0091	0,1075	0,1770	0,3435
Lapangan	0,0014	0,0169	0,0011	0,0289	0,0034	0,0393	0,0086	0,0022	0,0450	0,0432	0,0003	0,0025
Lapangan	0,0215	0,0322	0,0061	0,0285	0,1008	0,1554	0,0953	0,0472	0,0154	0,2023	0,2857	0,4928
Lapangan	0,0004	0,0877	0,0198	0,0342	0,0014	0,0135	0,0098	0,0092	0,0077	0,0992	0,0955	0,0000
Lapangan	0,0013	0,0055	0,0032	0,0328	0,0000	0,0126	0,0320	0,0336	0,0031	0,0308	0,0012	0,0069
Lapangan	0,0692	0,0621	0,0504	0,0080	0,1149	0,1351	0,1101	0,0571	0,0092	0,2721	0,4429	0,6726
Lapangan	0,0047	0,0130	0,0554	0,0001	0,0156	0,0126	0,1793	0,0056	0,0435	0,0464	0,0892	0,1950
Lapangan	0,0074	0,0262	0,0286	0,0390	0,0669	0,0641	0,0604	0,0343	0,0071	0,1713	0,2023	0,3706
Lapangan	0,0076	0,0686	0,0375	0,1442	0,0016	0,0194	0,0650	0,0431	0,0234	0,0095	0,0010	0,0096
Lapangan	0,0132	0,0095	0,0456	0,0018	0,0351	0,0530	0,0763	0,0680	0,0011	0,1659	0,2942	0,2556
											V ₃ =	18,389

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

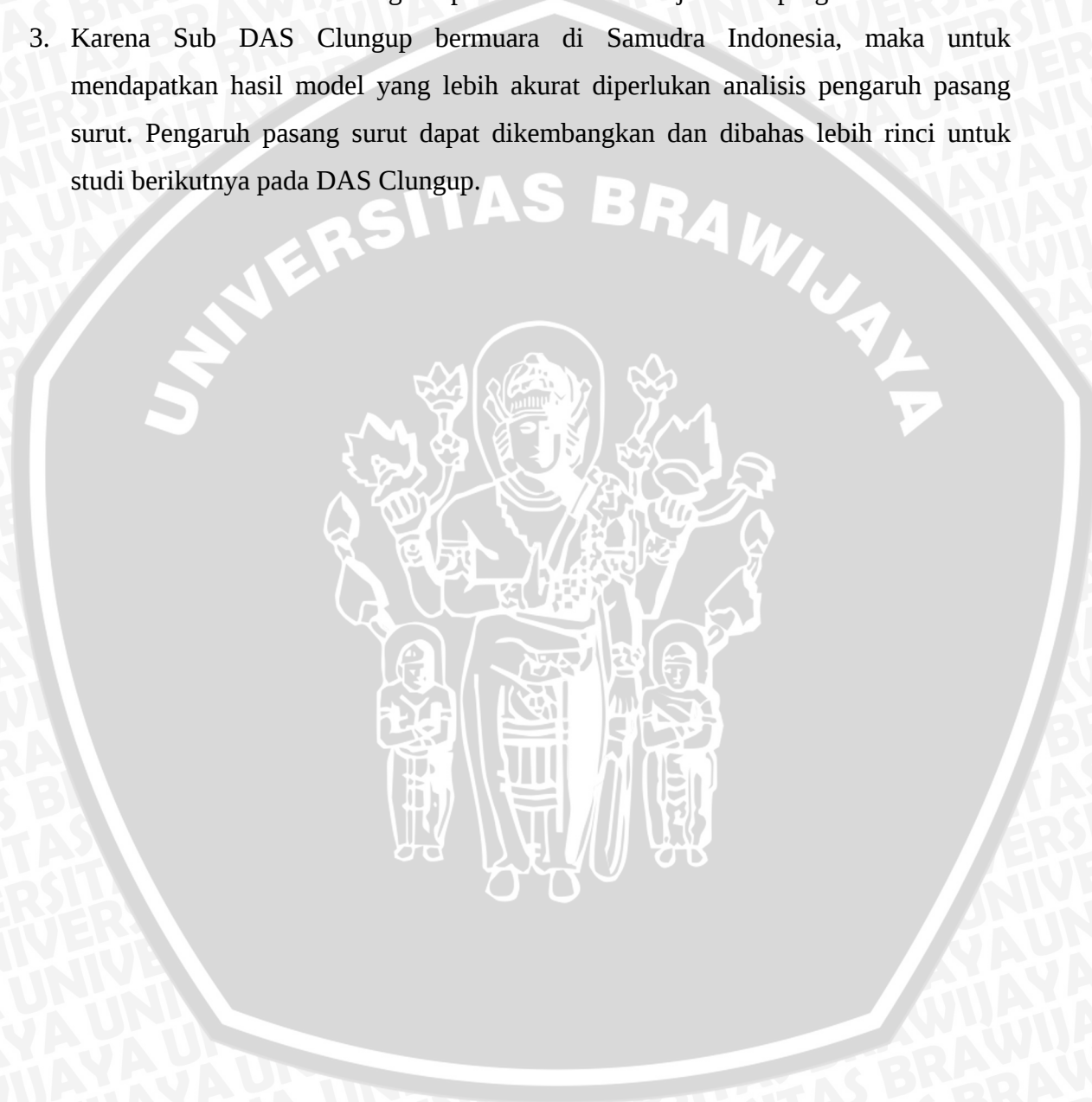
Berdasarkan hasil pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Berdasarkan hasil perhitungan debit dengan data hujan pada Sub DAS Clungup tahun 1998-2008 dengan menggunakan program HEC-HMS 3.2, Debit maksimal yang pernah terjadi adalah $4,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada tahun 2004 tanggal 10 desember, debit minimum yang pernah terjadi adalah pada 11 Desember 2007 yaitu sebesar $2,9 \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan untuk debit rata-rata yang terjadi adalah sebesar $3,74 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Untuk kesahihan model terhadap dapat dilakukan beberapa pengujian antara lain sebagai berikut
 - a. Dari hasil kalibrasi untuk tahun 1998-2008 dapat dilakukan uji analisa regresi (R^2) untuk mengetahui hubungan dua variabel antara debit pemodelan HEC-HMS dengan debit lapangan dari 2 variabel diperoleh hubungan langsung positif baik $0,6 < R < 1$ yaitu $R = 0,958$
 - b. Pada uji t didapatkan nilai $t = 0.2008$ sedangkan $T_c 1\% = 2,301$, $T_c 5\% = 1,6155$, $T_c 10\% = 1,260$ karena $t_0 < t_c$ maka rerata hasil pemodelan HEC-HMS debit tahun 1998-2008 adalah memiliki hasil yang sama terhadap debit lapangan.
 - c. Pada uji F nilai dari perhitungan hasil pemodelan HEC-HMS dan debit lapangan diperoleh nilai F1 (Homogenitas Bulanan): $v_1 = 11$ $v_2 = 11$; F1 tabel= 2.82 maka data tidak homogen dari masing masing hasil bulanan pemodelan dan lapangan, F2 (Homogenitas Model dan Lapangan) : $V_1 = 1$ $V_2 = 11$, F2 tabel = 4.84 maka data homogen secara keseluruhan hasil model HEC-HMS terhadap FJ Mock.
3. Pola banjir yang terjadi di Sub DAS Clungup pada tahun 1998-2008 yaitu untuk kala ulang reratanya adalah sebesar 1,577. Untuk tahun 1999 dan 2004 kala ulangnya 1,49, 1,61 pada tahun 2000 dan 2003, 1,63 pada tahun 2001 dan 2002, 1,51 tahun 2005, 2006 sebesar 1,57, 1,79 untuk tahun 2007 dan 1,52 tahun 2008.
4. Parameter yang berpengaruh dalam mensimulasikan data hujan menjadi data debit pada HEC-HMS agar dapat mendekati data debit lapangan yaitu untuk parameter CN (*Curve Number*) berkisar 0-100, *Initial Loss* 0-100, *Imperviousness* 0-100, *Lag* (hr) 0,1-500, *Cp* 0,1-150, *K* (hr) 0,1-150, *X* 0-0,5.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan di atas, maka dapat disarankan dan rekomendasi sebagai berikut :

1. Perlu diuji dan dibandingkan dengan software *Hydraulic Modeling* yang lain dan dilakukan optimasi parameter-parameternya sehingga lebih akurat.
2. Kesabaran dan ketelitian sangat diperlukan dalam menjalankan program HEC-HMS.
3. Karena Sub DAS Clungup bermuara di Samudra Indonesia, maka untuk mendapatkan hasil model yang lebih akurat diperlukan analisis pengaruh pasang surut. Pengaruh pasang surut dapat dikembangkan dan dibahas lebih rinci untuk studi berikutnya pada DAS Clungup.



DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (edisi kedua)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Budiyanto, Eko. (2005). *Sistem Informasi Geografis Menggunakan ARC VIEW GIS*. ANDI. Yogyakarta.
- Harto, Sri. (1993). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Istanto, Haryo. (2009). *Aplikasi Model Swat Untuk Pendugaan Erosi dan Sedimentasi di DAS Clungup Kabupaten Malang*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.
- Musdalifah, Lilik. (2008). *Analisa Model Hujan Debit di Sub DAS Lesti Berbasis SIG*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.
- M. Di Luzio, R, Srinivasan, J.G. Arnold, S.L. Neitsch. 2002. *Soil And Water Assessment Tool Theoretical Documentation 2000*. Blackland Research & Extension Center. Texas Agricultural Experiment Station.
- Prahasta, E. (2002). *Sistem Informasi Geografis: Tutorial ArcView*. Informatika. Bandung.
- Soemarto, CD. (1999). *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional. Surabaya
- Soemarto, CD. (1987). *Hidrologi Teknik*. Erlangga. Jakarta
- Soewarno. (1995). *Hidrologi-Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I dan Jilid II*. Nova. Bandung.
- Sosrodarsono, S. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Suhardjono. (1984). *Drainase*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang.
- Suhartanto, Ery. (2008). *Pnduan HEC-HMS dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. Malang: CV Citra Malang. Malang.
- Supranto, J. (1989). *Statistik*. Erlangga. Jakarta
- Suripin. (2004). *Sistem Darinase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.

Triwibowo,Eko.(2009).*Aplikasi Model HEC-HMS untuk Analisa Banjir di SUB DAS Lesti. Skripsi. Tidak Diterbitkan.*Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.

USACE.2000.*Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference Manual.* Maret 2000. [http:// www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil).

USACE.2000.*Hydrologic Modelling System HEC HMS Applications Guide.* Desember 2002. [http:// www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil).

